



**Titre:** Étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée  
Title: appliquée à la planification d'un système de transport collectif

**Auteur:** Catherine Morency  
Author:

**Date:** 1997

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Morency, C. (1997). Étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée appliquée à la planification d'un système de transport collectif  
Citation: [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.  
<https://publications.polymtl.ca/9013/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**  
Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/9013/>  
PolyPublie URL:

**Directeurs de recherche:**  
Advisors:

**Programme:** Non spécifié  
Program:



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉTUDE DES FONCTIONNALITÉS DE L'APPROCHE TOTALEMENT  
DÉSAGRÉGÉE APPLIQUÉE À LA PLANIFICATION D'UN  
SYSTÈME DE TRANSPORT COLLECTIF

CATHERINE MORENCY  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ES SCIENCES APPLIQUÉES  
(GÉNIE CIVIL)  
MARS 1997



© Catherine Morency, 1997



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Acquisitions et  
services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file Votre référence*

*Our file Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-26497-1

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

ÉTUDE DES FONCTIONNALITÉS DE L'APPROCHE TOTALEMENT  
DÉSAGRÉGÉE APPLIQUÉE À LA PLANIFICATION D'UN  
SYSTÈME DE TRANSPORT COLLECTIF

présenté par: MORENCY Catherine

en vue de l'obtention du diplôme de: Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. BAASS Karsten, ing., Ph.D. président

M. CHAPLEAU Robert, ing., Ph.D., membre et directeur de recherche

M. GRONDINES Jocelyn, ing, M.Ing., membre

## REMERCIEMENTS

L'auteure souhaite d'abord remercier le professeur Robert Chapleau pour sa grande disponibilité, son intérêt, sa rigueur et ses nombreuses manifestations qui ont favorisé une remise en question constante et orienté la réalisation de cette recherche. L'auteure remercie également les membres du groupe MADITUC pour les nombreuses analyses et réalisations techniques qui ont servi de base à cette recherche.

L'auteure remercie de plus ses parents, Louise et Pierre, pour l'avoir appuyée et encouragée pendant cette période d'apprentissage.

Finalement, l'auteure remercie son compagnon M. Ricet Nadeau, pour sa présence, son soutien et ses judicieux conseils.

## RÉSUMÉ

De façon élémentaire, la planification d'un système de transport collectif peut être définie comme impliquant l'interaction de quatre composantes à savoir le professionnel en transport, les instruments de planification, le système de transport collectif et le milieu environnant.

D'une part, ce document définit chacune de ces composantes dans l'objectif de clarifier leur utilité et de développer une connaissance - conscience de la complexité ambiante de la collectivité et du caractère évolutif et variable du contexte environnant.

Le milieu d'intervention de la planification évolue temporellement et spatialement selon des caractéristiques sociales, économiques, urbaines, décisionnelles et technologiques, qui ont des impacts directs sur les comportements de déplacements des individus d'une collectivité. L'actualisation de la planification des transports implique par conséquent la connaissance de l'évolution de ces caractéristiques ainsi que des impacts de leur évolution sur les déplacements.

D'autre part, cette recherche porte sur l'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée du système MADITUC appliquée à la planification d'un système de transport collectif dans l'objectif de développer une culture des transports conforme au contexte actuel et apte à répondre aux préoccupations renouvelées des entreprises de transport collectif.

Outre les objectifs d'initiation à la recherche et de développement d'un esprit critique, l'objectif de cette recherche s'avère donc de présenter une perspective différente des

exercices de planification courants. À cet effet, le mandat du professionnel de transport oeuvrant dans une entreprise de transport collectif est scruté, le milieu d'intervention est actualisé et les préoccupations des entreprises de transport à caractère public sont analysées afin d'y appliquer des approches méthodologiques appropriées. L'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée vise donc la clarification et la schématisation de la démarche méthodologique permettant d'éclaircir les diverses situations problématiques auxquelles sont confrontées les professionnels oeuvrant au sein d'une entreprise de transport collectif.

L'observation des exercices de planification courants ainsi que l'analyse des problèmes auxquels sont confrontés les planificateurs permet de constater que les instruments de planification classiques ne sont pas aptes à clarifier adéquatement les situations inexplorées. De plus en plus, les objectifs, données, problèmes et modèles avec lesquels le planificateur doit oeuvrer sont imprévisibles et doivent par conséquent être développés. L'approche totalement désagrégée adopte un caractère adaptatif, interactif, exploratoire et informationnel qui encadre la recherche et le développement des problèmes spécifiques, des objectifs de l'intervention, des modèles appropriés et des données nécessaires. De cette façon, le processus de planification s'avère efficace dans toute manifestation problématique du système de transport.

Les préoccupations des entreprises de transport collectif ont beaucoup évolué et sont maintenant définies selon cinq perspectives stratégiques soit la perspective géopolitique, la capacité du réseau de transport, les effets redistributifs de l'organisation du réseau, la prévision à moyen terme de la demande et l'analyse interactive-graphique des impacts d'une intervention sur le réseau. Ces

préoccupations stratégiques dénotent un incessant besoin d'informations cohérentes et détaillées par les entreprises. L'approche totalement désagrégée présente diverses fonctionnalités adaptatives qui contribuent à la clarification des diverses problématiques classiques et renouvelées. Ces fonctionnalités sont mises en application afin de répondre aux préoccupations des entreprises de transport collectif et de développer le meilleur compromis bénéfices usagers / coûts de l'exploitant.

L'approche totalement désagrégée s'avère d'abord un modèle pour l'analyse des réseaux de transport qui est utilisé afin de réaliser l'affectation des déplacements sur un réseau de transport collectif, pour évaluer les bénéfices et les ressources associés à une variante de réseau, pour examiner les caractéristiques et les endroits de passage d'une clientèle spécifique, pour faire l'analyse détaillée de la clientèle à des points d'intérêt ou pour effectuer l'allocation optimale des garages. L'intégration de bases de données externes permet ensuite d'analyser des effets socio-démographiques et de modéliser la mobilité urbaine. Cette seconde fonctionnalité permet d'apprécier les tendances socio-démographiques, de réaliser la prévision à moyen terme de la demande, d'examiner les comportements de diverses clientèles dans une perspective d'analyse de marché, de modéliser les déplacements multimodaux et d'estimer le changement modal résultant de l'amélioration de la desserte de transport collectif. La conjoncture politique et économique actuelle incite l'examen des effets à caractère géopolitique des transports. Cette fonctionnalité permet d'apprécier l'évolution quotidienne temporelle des individus en fonction des divers territoires géopolitiques et de mesurer les effets financiers des déplacements, résultant de la consommation de services de transport par les individus des divers territoires. Les préoccupations



récentes orientent forcément les potentialités méthodologiques des instruments de planification. L'approche totalement désagrégée, adoptant une perspective informationnelle, favorise le développement d'applications impliquant géomatique et chronomatique (analyses spatio-temporelles) ainsi que l'exploitation des moyens techniques d'information et de communication. Cette fonctionnalité récente autorise la dérivation de cartes d'utilisation du sol à partir des données d'enquêtes origine-destination, l'analyse multimodale des générateurs de déplacements et favorise le développement d'instruments pédagogiques et de dissémination d'information à l'usager par la mise à contribution des instruments modernes d'information et de communication tels l'internet et le multimédia.

## ABSTRACT

Public transportation system planning can be defined as the interaction of four components: the transportation professional, the planning tools, the transit system and its environment.

On the one hand, this document presents a definition of each component. The objective is to clarify their use in the planning process, to build a knowledge and a conscience of the complexity surrounding our society as to the evolution and variable character of the outline context.

The overall planning context has undergone a spatio-temporal evolution according to social, economical, urban, decision-making and technological characteristics which directly influence the people's traveling behaviors. Consequently, the updating of the transportation planning implies the study of this evolution as well as the understanding of its impact on those behaviors.

On the other hand, this research studies the different possibilities of the MADITUC's totally disaggregate approach when applied to public transportation system planning. The target is to improve the understanding of the actual transportation situation in order to clarify the new preoccupations of public transportation companies.

Besides initiating a research process and developing a critical mind, the goal of this research is to present a new perspective of the actual planning process. Therefore, the following elements are treated : the mandate of the transportation professional is scrutinized, the planning overall context updated and the strategic preoccupations

analyzed in order to apply the appropriate methodological approach. The object of this study is thus to clarify the methodology process that allows the simplification of different problems encountered by professionals in the transportation industry.

Observation of the actual planning process and analysis of new problems reveal that classical transportation planning tools are obsolete to solve unexplored situations. More and more, professionals are facing unforeseeable objectives, data, problems and models which require further research and development. However the totally disaggregate approach is adaptable, interactive, exploratory and information oriented. It gives guidelines for research and development of specific problems, intervention objectives, appropriate models and necessary data. Therefore, the planning process appears to be effective in all problematic situations of the transit system.

Public transportation company preoccupations have evolved and are currently defined by five strategic points : the geopolitical perspective, the public transportation system capacity, the redistribution impacts of the networks organization, the mid-term demand forecast and the graphic interactive analysis of the impacts of an intervention on the system.

Those preoccupations indicate an incessant need of coherent and detailed informations by the industry. The totally disaggregate approach offers multiple possibilities that contributes to clarify new problems as much as classical ones. Those possibilities are used to fulfil the needs and preoccupations of transit companies working to develop the best user benefit / operation cost ratio.

The totally disaggregate approach presents in the first place a model for the analysis of the transportation system used to allocate trips on transit networks, to evaluate benefits

and resources related to particular designs of networks, to examine characteristics and traveling behaviors of specific customers, to observe behaviors at specific locations and to carry out optimal allocation of transit vehicle garages.

Integration of external data allows the analysis of socio-demographic effects and the application of models on urban mobility patterns. This second possibility evaluates socio-demographical tendencies, achieves mid-term demand forecast, observes the traveling behaviors of the public in a market survey perspective, models multi-modes traveling and estimates the modal changes resulting from the service improvements.

Economical and political context encourage examination of transportation geopolitical impacts. This possibility allows the appreciation of the daily temporal evolution of individuals in terms of different geopolitical territories and the measure of the economical impacts resulting from the use of transportation services.

Strategic preoccupations have recently modified planning tools. Based on an informative perspective, the totally disaggregate approach favors the development of new applications involving spatio-temporal analysis and detailed information. This last possibility allows land use maps derivation and multi-modal analysis of trip generators. Furthermore, it supports the development of educational tools and the dissemination of informations to transit users by the use of new information and communication technological tools as internet and multimedia.

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT .....	IX
TABLE DES MATIÈRES.....	XII
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES TABLEAUX .....	XVIII
LISTE DES SIGLES .....	XIX
1. INTRODUCTION.....	I
1.1 CONTENU DE LA RECHERCHE .....	1
1.2 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE .....	3
1.3 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	4
1.4 MÉTHODOLOGIE.....	7
2. PROBLÉMATIQUE ET MISE EN CONTEXTE.....	9
2.1 RÔLE DU PROFESSIONNEL EN TRANSPORT.....	9
2.2 LE SYSTÈME DE TRANSPORTS COLLECTIFS .....	12
2.2.1 <i>L'importance des transports collectifs</i> .....	12
2.2.2 <i>L'analyse du système</i> .....	14
2.2.3 <i>Nouvelle approche de modélisation</i> .....	15
2.2.4 <i>Données</i> .....	18
2.3 LE MILIEU D'INTERVENTION DE LA PLANIFICATION DES TRANSPORTS.....	20
2.3.1 <i>Le contexte décisionnel</i> .....	21
2.3.2 <i>Contexte social</i> .....	28

2.3.3 Contexte économique .....	32
2.3.4 Contexte urbain .....	33
2.3.5 Contexte technologique .....	35
2.3.6 Centre urbain et banlieue .....	37
2.3.7 Autres facteurs.....	38
<b>3. L'APPROCHE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE.....</b>	<b>41</b>
3.1 HISTORIQUE ET PHILOSOPHIE .....	41
3.2 INSERTION TECHNOLOGIQUE DANS LA PLANIFICATION DES TRANSPORTS .....	47
3.3 APPROCHE DE PLANIFICATION.....	48
3.4 SOURCE D'INFORMATIONS .....	50
3.4.1 Enquêtes origine-destination et traitement des données .....	50
3.4.2 Triptyque territoire - réseau - demande.....	52
3.4.3 Structure des bases de données .....	58
3.4.4 Itinéraire décrit et simulé.....	59
3.4.5 Expansion des données d'enquêtes origine-destination.....	60
3.4.6 Autres types de données .....	61
<b>4. PRÉOCCUPATIONS ET FONCTIONNALITÉS.....</b>	<b>63</b>
4.1 PRÉOCCUPATIONS STRATÉGIQUES.....	65
4.1.1 Perspective géopolitique.....	65
4.1.2 Capacité du réseau de transport.....	65
4.1.3 Effets redistributifs de l'organisation du réseau .....	66
4.1.4 Prévision à moyen terme de la demande.....	67
4.1.5 Analyse interactive-graphique des impacts.....	67
4.2 FONCTIONNALITÉS ET APPLICATIONS .....	68
4.2.1 Infographie interactive .....	68
4.2.2 Modèles pour l'analyse des réseaux de transport.....	70
4.2.3 Effets socio-démographiques et modélisation .....	103
4.2.4 Examen des effets à caractère géopolitique .....	120

4.2.5 Applications impliquant géomatique et chronomatique, moyens techniques d'information et de communication .....	127
<b>5. ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION ET CONCLUSION .....</b>	<b>140</b>
5.1 ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION .....	140
5.2 CONCLUSION .....	142
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>144</b>

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1.1 Composantes déterminantes dans la planification d'un système de transport collectif.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure 1.2 Sous-composantes du système de planification .....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 1.3 Méthodologie d'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2.1 Les deux défis de l'analyste selon Manheim (1976).....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2.2 Les composantes du système de transport.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2.3 Critique des étapes de la procédure séquentielle classique.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 2.4 Information issue des enquêtes origine-destination .....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 2.5 Relations entre décideurs, intervenants et systèmes d'information de planification (Chapleau et Allard, 1992) .....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 2.6 Perspectives américaines relatives au rôle des modèles de transport.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 2.7 Discours d'évaluation selon la perspective française .....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 2.8 Schéma du processus de planification classique (Meyer et Miller, 1984) ...</i>	<i>27</i>
<i>Figure 2.9 Évolution des outils informatiques.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 2.10 Comparaison des caractéristiques : banlieue versus centre urbain .....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 2.11 Quatre types d'utilisateurs actifs motorisés (Kaufmann, 1995).....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 3.1 Composantes d'un système d'information.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 3.2 Approche de planification totalement désagrégée .....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 3.3 Itinéraire de déplacement (Groupe MADITUC) .....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 3.4 Éléments du réseau .....</i>	<i>55</i>
<i>Figure 3.5 Éléments de la demande de transport .....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 3.6 Itinéraires décrit et simulé .....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 4.1 Préoccupations stratégiques et fonctionnalités .....</i>	<i>64</i>
<i>Figure 4.2 Chaîne logistique - approche de modélisation désagrégée, figure adaptée de Chapleau, 1994 .....</i>	<i>71</i>



<b>Figure 4.3</b> Détermination du noeud d'accès à l'origine à partir des informations déclarées .....	73
<b>Figure 4.4</b> Procédure de cheminement : détermination de l'itinéraire de déplacement décrit d'un individu particulier.....	75
<b>Figure 4.5</b> Profil de charge décalé, Toronto (Chapleau, 1995) .....	80
<b>Figure 4.6</b> Méthodologie d'analyse de la clientèle du train de banlieue .....	82
<b>Figure 4.7</b> Distribution spatialisée des origines et destinations des usagers du train, caractérisés par leur mode d'accès à l'origine et à la destination (Chapleau, 1992) .....	86
<b>Figure 4.8</b> Territoires de desserte optimale des lignes de train et de la ligne de métro ouest à destination de la gare centrale (Chapleau, 1992) .....	89
<b>Figure 4.9</b> Procédure d'évaluation des bénéfices et coûts associés à une variante de réseau.....	91
<b>Figure 4.10</b> Représentation schématique simplifiée de la station Lionel-Groulx .....	92
<b>Figure 4.11</b> Mouvements de correspondance à la station Lionel-Groulx en provenance de Côte-Vertu .....	93
<b>Figure 4.12</b> Distribution temporelle des déplacements des correspondants à la station Lionel-Groulx selon les deux mouvements principaux avec comparaison basée sur le mode d'accès. ....	96
<b>Figure 4.13</b> Zone de résidence des correspondants à la station Lionel-Groulx .....	97
<b>Figure 4.14</b> Répartition des âges, correspondants à la station Lionel-Groulx .....	98
<b>Figure 4.15</b> Graphique du temps total de déplacement et du nombre de correspondants en fonction de la distance origine-destination .....	99
<b>Figure 4.16</b> Exemple d'affectation successive d'un autobus.....	102
<b>Figure 4.17</b> Méthodologie prévisionnelle catégorisée et désagrégée de la demande de transport, figure adaptée de Chapleau, Lavigueur et Lemay (1994).....	106
<b>Figure 4.18</b> Caractéristiques des trois secteurs (Chapleau et Allard, 1993).....	109
<b>Figure 4.19</b> Estimation du report modal, adaptée de Noël et Chapleau (1987) .....	118
<b>Figure 4.20</b> Méthodologie d'estimation du changement modal .....	119
<b>Figure 4.21</b> Système d'information pour la clarification des questions de financement .....	123

**C**

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 4.1 Bilan des séquences modales des usagers du train (Chapleau, 1992)....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 4.2 Matrice des mouvements de correspondance à la station Lionel-Groulx .</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 4.3 Distances moyennes des déplacements .....</i>	<i>110</i>
<i>Tableau 4.4 Comparaison de la mobilité individuelle quotidienne .....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau 4.5 Évolution dynamique des travailleurs dans les régions .....</i>	<i>121</i>

## LISTE DES SIGLES

**ACTU** : *Association canadienne des transports urbains*

**AMT** : *Agence métropolitaine de transport*

**CIT** : *Commission intercommunale de transport*

**CUM** : *Communauté urbaine de Montréal*

**EMME** : *Equilibrium model*

**ISTEA** : *Intermodal surface transportation efficiency act*

**ITE** : *Institute of transportation engineers*

**MADCADD** : *Modèle d'analyse désagrégée (computer aided drafting and drawing)*

**MADEOD** : *Modèle d'analyse désagrégée des enquêtes origine-destination*

**MADGEN** : *Modèle d'analyse désagrégée des générateurs de déplacements*

**MADITUC** : *Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires de transport urbain collectif*

**MTQ** : *Ministère des transports du Québec*

**NCHRP** : *National Cooperative Highway Research Program*

**SIRFAP** : *Système informationnel pour fins d'analyse et de planification*

**STCUM** : *Société de transport de la communauté urbaine de Montréal*

**STL** : *Société de transport de Laval*

**STRSM** : *Société de transport de la rive sud de Montréal*

**TTC** : *Toronto transit commission*

**UTM** : *projection Universelle transverse de Mercator*

# 1. INTRODUCTION

Le contexte au sein duquel évolue la problématique des transports et la vitesse à laquelle celle-ci évolue obligent les professionnels à rester au fait des nouvelles considérations et obligations inhérentes à la planification des systèmes de transport collectif.

*« Notre âge de l'angoisse est, en grande partie, la conséquence du fait qu'on essaie de faire le travail d'aujourd'hui avec des outils et des idées d'hier (Mc Luhan, Peters, 1972) »*

L'évolution des tendances actuelles en termes de mobilité laisse présager que les grandes villes du monde seront aux prises avec une augmentation continue du parc automobile, une élimination progressive des trajets non motorisés, une diminution de l'achalandage des transports collectifs, une augmentation de la pollution en milieu urbain et inévitablement des modèles et approches de planification des transports désuètes et inadaptées.

En empruntant les termes de McLuhan, le travail d'aujourd'hui d'un planificateur ne peut être réalisé à l'aide des outils d'hier vu les importantes mutations de la collectivité et de la culture des transports urbains.

## 1.1 Contenu de la recherche

La mutation des problématiques inhérentes aux transports urbains invite à une redéfinition de l'approche analytique appliquée à la planification des transports

collectifs. La définition élémentaire de la planification d'un tel système peut être réduite à l'interaction de quatre composantes : le planificateur, le système de transport, les instruments de planification et le milieu d'intervention. En effet, un planificateur de transport intervient sur un système de transport collectif à l'aide d'instruments divers, dans un milieu modelé selon des caractéristiques économiques, sociales, urbaines, décisionnelles et technologiques qui s'avèrent en continuelle évolution temporelle.

La figure 1.1 présente un schéma intégrant les quatre composantes de base à l'origine des discussions et analyses constituant la colonne vertébrale de cette recherche.

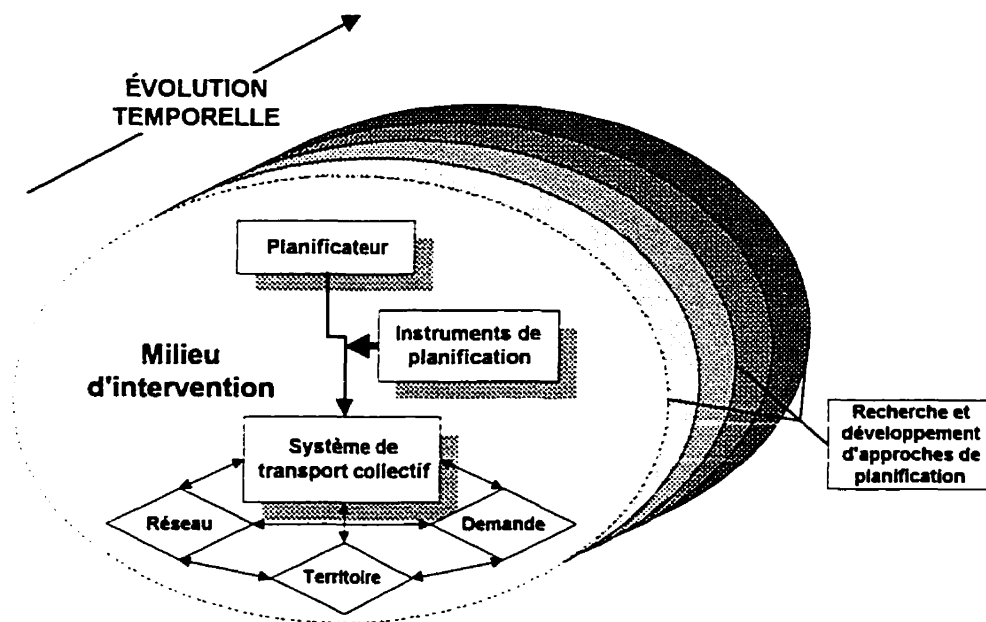


Figure 1.1 Composantes déterminantes dans la planification d'un système de transport collectif

Ce document présente d'une part les réflexions issues de l'analyse de chacune de ces composantes ainsi que des interactions entre celles-ci dans l'objectif de conceptualiser

la mobilité urbaine et de déterminer les interventions propres à organiser le système de transport urbain selon les besoins de la collectivité.

D'autre part, cette recherche porte sur l'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée appliquée à la planification d'un système de transport collectif dans l'objectif de développer une culture des transports conforme au contexte actuel et de répondre aux préoccupations renouvelées des entreprises de transport collectif. Ainsi, un éventail des potentialités de l'approche totalement désagrégée est présenté par le biais d'études de cas réalisées dans les dernières années.

## **1.2 Objectifs de la recherche**

Les objectifs liés à cette recherche sont divers. D'un point de vue professionnel, cette recherche présente une perspective différente des exercices de planification courants. À cet effet, le mandat du professionnel de transport oeuvrant dans une entreprise de transport collectif est scruté, le milieu d'intervention est actualisé et les préoccupations des entreprises de transport à caractère public sont analysées afin d'y appliquer des approches méthodologiques appropriées. L'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée vise donc la clarification de la démarche méthodologique permettant d'éclaircir les diverses situations problématiques auxquelles sont confrontées les professionnels.

Dans une perspective personnelle, les objectifs sont les suivants :

- initiation à la recherche ;
- description et actualisation du milieu d'intervention de la planification ;

- compréhension du rôle du planificateur en transports dans le contexte actuel ;
- intégration des considérations socio-économiques dans le processus de planification des transports ;
- description et analyse des composantes d'un système de transport collectif ;
- étude, compréhension et schématisation des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée appliquée à la planification d'un système de transport collectif ;
- réflexions sur les perspectives méthodologiques d'avenir en planification des transports.

### **1.3 Approche méthodologique**

Avant d'entreprendre l'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée, une esquisse des réflexions portant sur la raison d'être et le rôle du planificateur au sein du processus de planification est présentée. La structure d'un système de transport collectif, révélée à partir de ses composantes, est décrite selon une approche analytique afin d'adapter la planification des transports aux problématiques modernes. Les facteurs à la source des problèmes actuels de transport sont analysés conformément aux impacts qu'ils produisent sur les habitudes de déplacements des individus.

À la lumière de ces nouvelles nécessités, sont élaborées la philosophie et les possibilités sous-jacentes à l'approche totalement désagrégée dans une perspective de planification d'un système de transport collectif. Ainsi, différentes questions liées aux systèmes de transport mais incorporant aussi des variables à caractère spatial,



temporel, social, économique et démographique sont détaillées. Diverses analyses caractéristiques sont approfondies à l'aide d'études de cas basées sur les données de déplacements issues des grandes enquêtes origine-destination.

La figure 1.2, élaborée à partir des quatre composantes de base, présente les sous-composantes du système de planification qui seront traitées dans ce document.

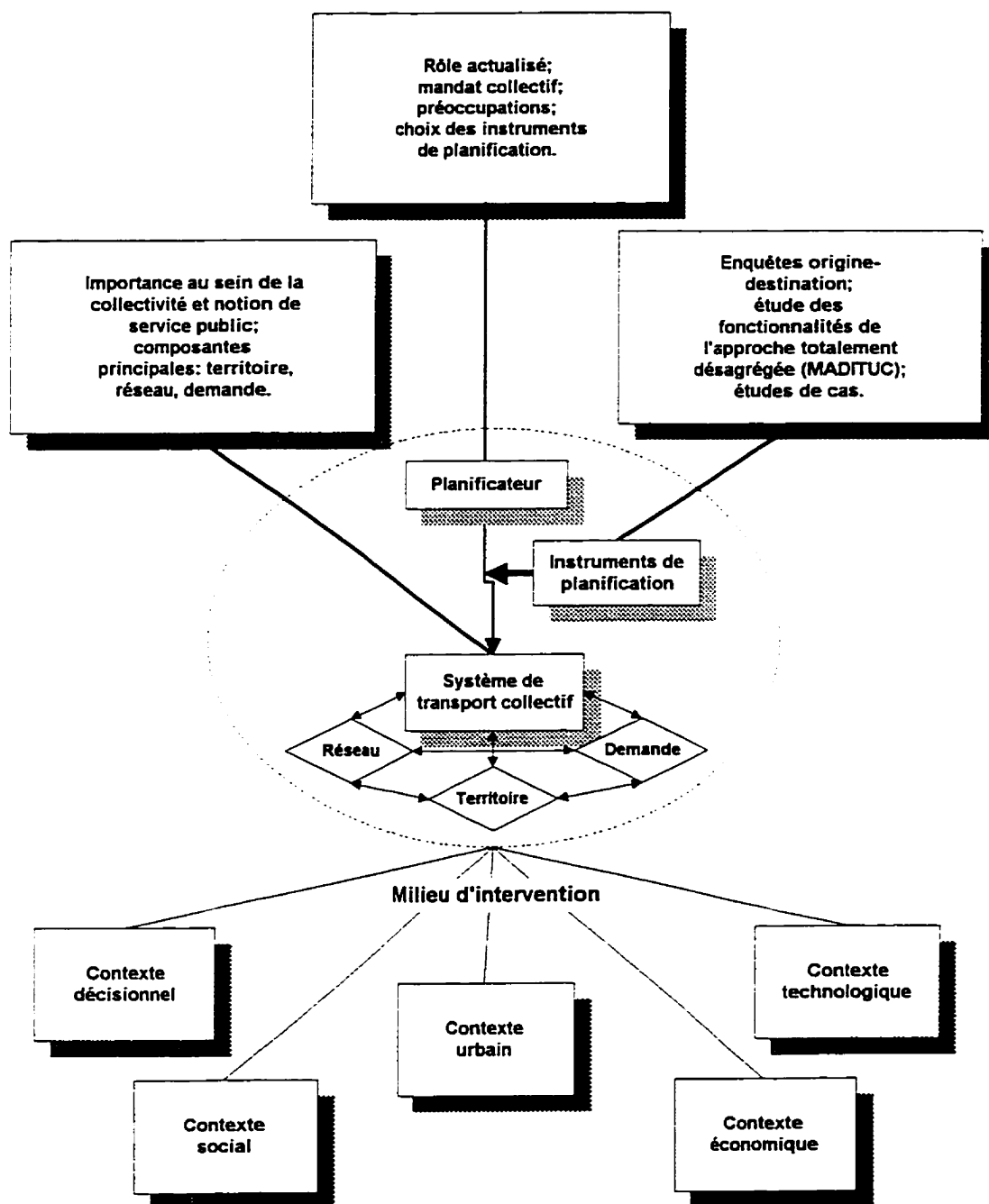


Figure 1.2 Sous-composantes du système de planification

#### **1.4 Méthodologie**

La méthodologie d'étude permettant l'atteinte des objectifs fixés consiste d'abord à effectuer une revue littéraire en ce qui concerne les quatre composantes du système tel que défini précédemment soit le professionnel en transport, les instruments de planification (modèles, données), le milieu d'intervention de la planification (contexte social, urbain, technologique, décisionnel et économique), le système de transport collectif (composantes) ainsi que sur les études de transport réalisées selon une approche totalement désagrégée.

Suite à l'analyse des composantes d'un système de transport collectif et des interrelations entre les intervenants impliqués, l'observation et la définition des préoccupations stratégiques des entreprises de transport collectif sont effectuées. Diverses études et publications découlent de la clarification des problématiques rencontrées par ces entreprises.

Finalement, l'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée implique l'analyse et la compréhension des études de transport réalisées selon cette approche dans les dernières années. Les études retenues pour fins d'analyse couvrent particulièrement le système de transport de la grande région de Montréal et sont basées sur le traitement des données d'enquêtes origine-destination. L'approche totalement désagrégée du système MADITUC s'avère l'approche de référence.

La figure 1.3 présente la structure de la méthodologie d'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée.

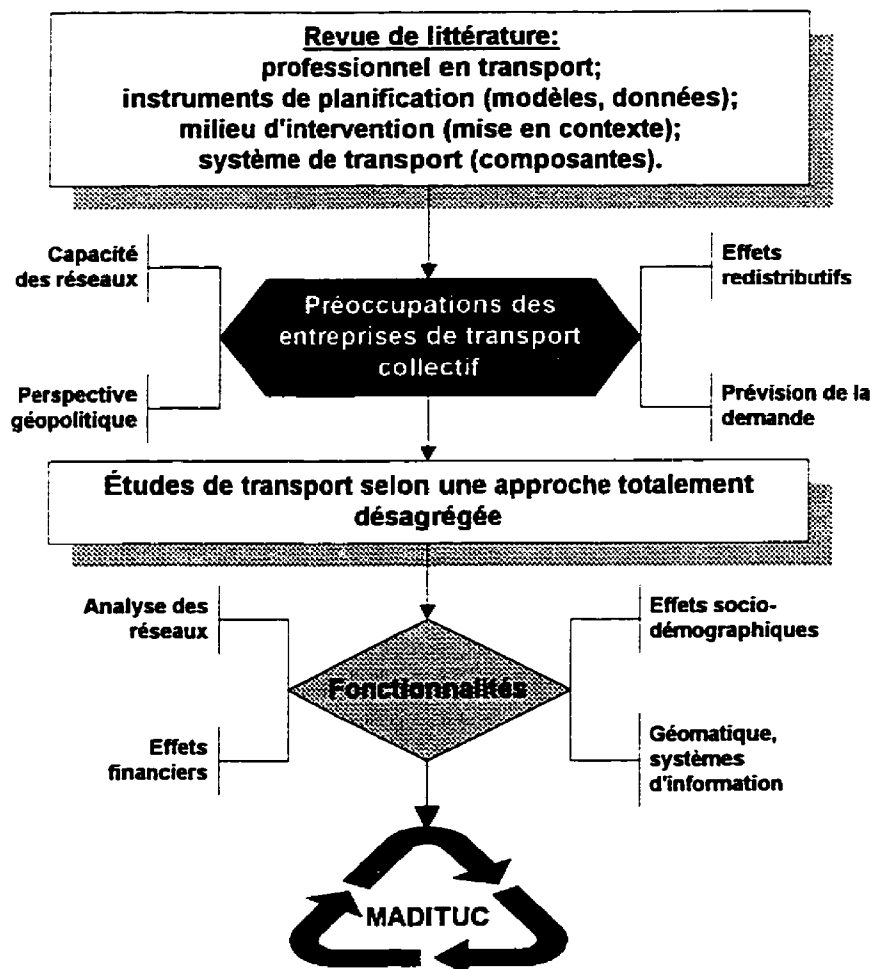


Figure 1.3 Méthodologie d'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée

## 2. PROBLÉMATIQUE ET MISE EN CONTEXTE

L'évolution des phénomènes reliés aux comportements de transport a induit la nécessité de repenser la philosophie de la planification des transports et l'idéologie à la source des modèles de prévision classiques. Le planificateur de systèmes de transport œuvre dans un milieu en pleine évolution dont les caractéristiques et problématiques changent et se distinguent des questions classiques d'analyse de capacité. L'expert anciennement cloîtré devant des modèles étanches se retrouve au sein d'un système d'information dynamique et doit interagir avec différents intervenants issus de milieux variés.

L'atteinte des objectifs de mobilité des individus d'une société dépend d'une part de l'utilisation d'approches de planification intelligentes et renouvelées, intégrant des préoccupations actualisées et, d'autre part, de la compétence des acteurs de la prise de décision.

### 2.1 Rôle du professionnel en transport

Plusieurs publications font état de diverses réflexions à propos du rôle du planificateur et de son interaction avec les éléments du milieu.

L'enseignement de la planification des transports origine de Manheim (Cours de planification des transports, Chapleau 1995), plus particulièrement des deux défis qu'il a énoncés quant à l'analyste en transports (figure 2.1). La philosophie à la source des

interventions du planificateur devrait toujours, malgré l'évolution de la collectivité, rejaillir de cet enseignement de base :

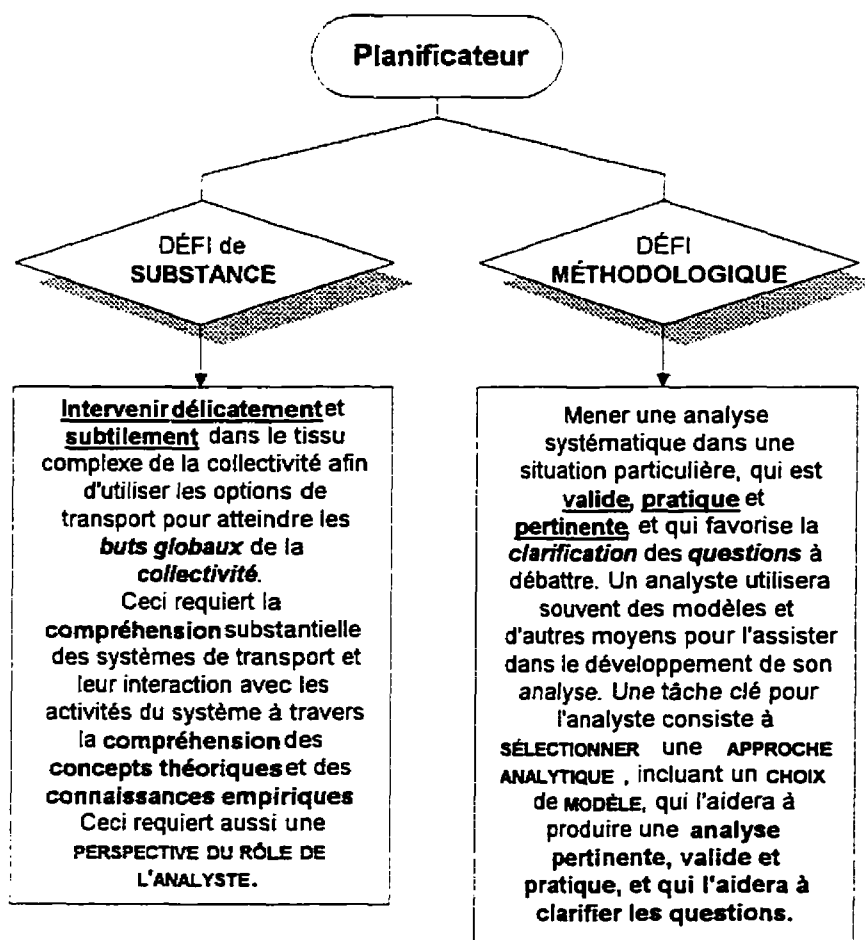


Figure 2.1 Les deux défis de l'analyste selon Manheim (1976)

Par cet enseignement, Manheim dénote plusieurs concepts clés quant au positionnement du planificateur au sein des études de transport. Il souligne d'abord le mandat collectif auquel doit répondre le planificateur et la nécessité d'intervenir sur le système de transport afin d'améliorer la situation globale de mobilité des individus d'une collectivité, de façon équitable pour tous. Puis, il insiste sur la notion d'interaction des éléments du système et sur l'importance d'acquérir une connaissance

détaillée des relations (cause - effet) avant de modifier un de ces éléments. Finalement, Manheim (1976) met l'emphasis sur le choix des instruments de planification (modèle) qui constitue une tâche critique pour le planificateur. L'analyste en transport a le mandat de réaliser des analyses pertinentes, valides et pratiques. Pour ce faire, il doit opter pour une méthode adaptée et techniquement incontestable qui lui permettra de clarifier les questions reliées à des problématiques particulières et récentes. Le planificateur doit donc instrumenter les analyses et documenter la prise de décision.

Selon Mattenberger et Rapp (1977), le planificateur doit concilier avec trois composantes dans la réalisation de sa tâche : les variables de décision, les contraintes et les objectifs. Alors que Manheim (1976) met l'emphasis sur la philosophie et la raison à l'origine des actes des professionnels, Mattenberger et Rapp (1977) sont plus pragmatiques et insistent sur les facteurs qui conditionnent les actes des planificateurs. L'amalgame de ces perspectives dresse un portrait du planificateur, orienté par les défis de substance et méthodologique et limité par les variables, contraintes et ressources du monde environnant.

L'importance pour le planificateur d'être à l'écoute des besoins a aussi été précisée dans un rapport du National Cooperative Highway Research Program (NCHRP 156, 1975). Le planificateur de transport doit intégrer des rôles non traditionnels en raison du mandat collectif auquel il est prescrit. Tel que cité dans cet article, le professionnel en transport agit à titre de conseiller pour la collectivité, de protecteur et de représentant des citoyens, de négociateur non partisan ainsi que d'agent et de conseiller auprès des autorités décisionnelles. Tous ces rôles résument les multiples

relations que le planificateur entretient avec les différents intervenants concernés par la problématique des transports et trahissent les différents jeux de pouvoir pouvant exister dans la prise de décision (voir section 2.4). Ils constituent d'ailleurs un avertissement au planificateur qui, devant ce milieu influent, doit rester honnête dans son analyse et neutre face aux pressions des différents groupes.

Finalement, le rôle du planificateur dans le processus de planification est modifié par la structuration des éléments d'intervention en un système d'information intégrant le professionnel technique, les procédures, le matériel, les logiciels et les bases de données tel que décrit par Chapleau en 1991 (voir figure 3.1).

## **2.2 Le système de transports collectifs**

### **2.2.1 L'importance des transports collectifs**

Le besoin des individus de se déplacer sur un territoire existe depuis longtemps. Chacun doit se déplacer pour divers motifs : se procurer des biens et services, effectuer des échanges, transporter des objets, etc. (Gérondeau, 1969). La vitalité d'une collectivité dépend entre autres des possibilités qu'ont les individus de répondre à leurs besoins essentiels et accessoires de mobilité. C'est dû à cette importance marquée de la mobilité individuelle que les transports collectifs intègrent la panoplie de services qualifiés de service public. Un service public doit respecter trois principes : un tarif raisonnable, l'égalité des citoyens et la continuité du service (Transport et Société, 1986). La notion de service public répond ainsi au souci de l'État de mettre à la disposition de la collectivité des services essentiels et ce dans les meilleures conditions.



C'est d'une part pour combler le manque de service et d'autre part pour améliorer les conditions dans lesquelles ils sont offerts que l'État est intervenu en contrôlant ou en s'appropriant les systèmes de transport collectif. Dès lors, le service public correspond à une mission d'intérêt général et peut être assuré autant par une entreprise du secteur public que privé.

L'importance des transports collectifs dans la problématique des déplacements au sein d'une collectivité est particularisée par plusieurs constatations, notamment :

- « les transports collectifs urbains constituent, a priori, une réponse à l'accroissement de la pression sur la voirie, du fait de leur consommation d'espace nulle (métros) ou faible (autobus, tramway) au passager-kilomètre transporté » (Orfeuil, 1991);
- les transports collectifs constituent pour certains individus la seule alternative de déplacement accessible et financièrement acceptable;
- les transports collectifs allongent la vie utile des infrastructures de transport par une meilleure utilisation de la capacité de celles-ci ;
- les transports collectifs aide à maîtriser le développement des banlieues et influencent le développement urbain ;
- les transports collectifs favorisent une meilleure utilisation des richesses naturelles et une consommation plus efficace des ressources énergétiques ;
- « les transports publics constituent le meilleur moyen d'assurer une faible pollution de l'air et une forte mobilité des personnes » (Lamure, 1994);

- les transports collectifs contribuent à la diminution des coûts totaux de mobilité de l'ensemble des individus;
- les transports collectifs constituent une solution scientifique aux conditions de congestion routière jugées problématiques.

Plusieurs intervenants provenant d'organismes variés se sont prononcé quant à l'importance du transport collectif lors de débats publics comme celui sur l'énergie au Québec. D'ailleurs, le Canadian Transit Handbook (1985) souligne que « *the quality of the transportation system has an important bearing on the overall character of a city* ».

Il appert donc que les transports collectifs jouent un rôle important dans la dynamique d'une société et que leur structure systémique et complexe mérite une analyse honnête et brillante.

### 2.2.2 L'analyse du système

« *Un système est une unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus* » (Morin, 1977). La notion de système rattachée aux transports collectifs n'est donc pas issue du hasard. Le système de transports collectifs est révélé à partir du triptyque d'éléments de base: territoire, demande et réseau. L'analyse des problématiques relatives à ce système nécessite l'examen isolé de chacune de ses composantes ainsi que la compréhension des interrelations dynamiques existant entre celles-ci. L'organisation des relations entre les éléments produit un système doté de qualités inconnues au niveau des composantes isolées.

La figure 2.2 présente les relations entre les composantes du système de transport ainsi que le détail de chacune. La notion de coproduction qui chapeaute l'ensemble

demande, territoire et réseau s'ajoute à la définition du système afin de démontrer le caractère interactif de celui-ci. La coproduction réfère à la participation des divers intervenants au processus de planification par l'échange d'information et par l'utilisation appropriée des services de transport.

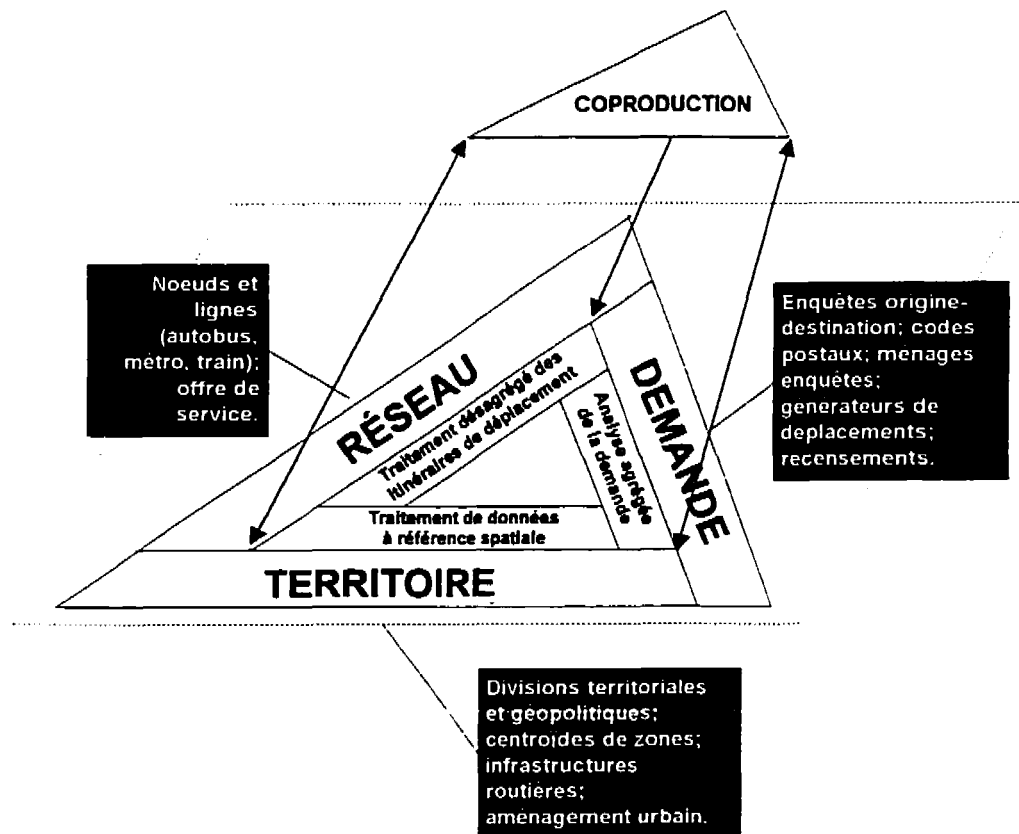


Figure 2.2 Les composantes du système de transport

### 2.2.3 Nouvelle approche de modélisation

Tel que mentionné précédemment, le choix d'une approche de planification s'avère une opération clef pour le planificateur. Les modèles classiques de planification des transports de type agrégé, intégrant les phases de la procédure séquentielle classique, ont été examinés puis dépréciés par maints auteurs.

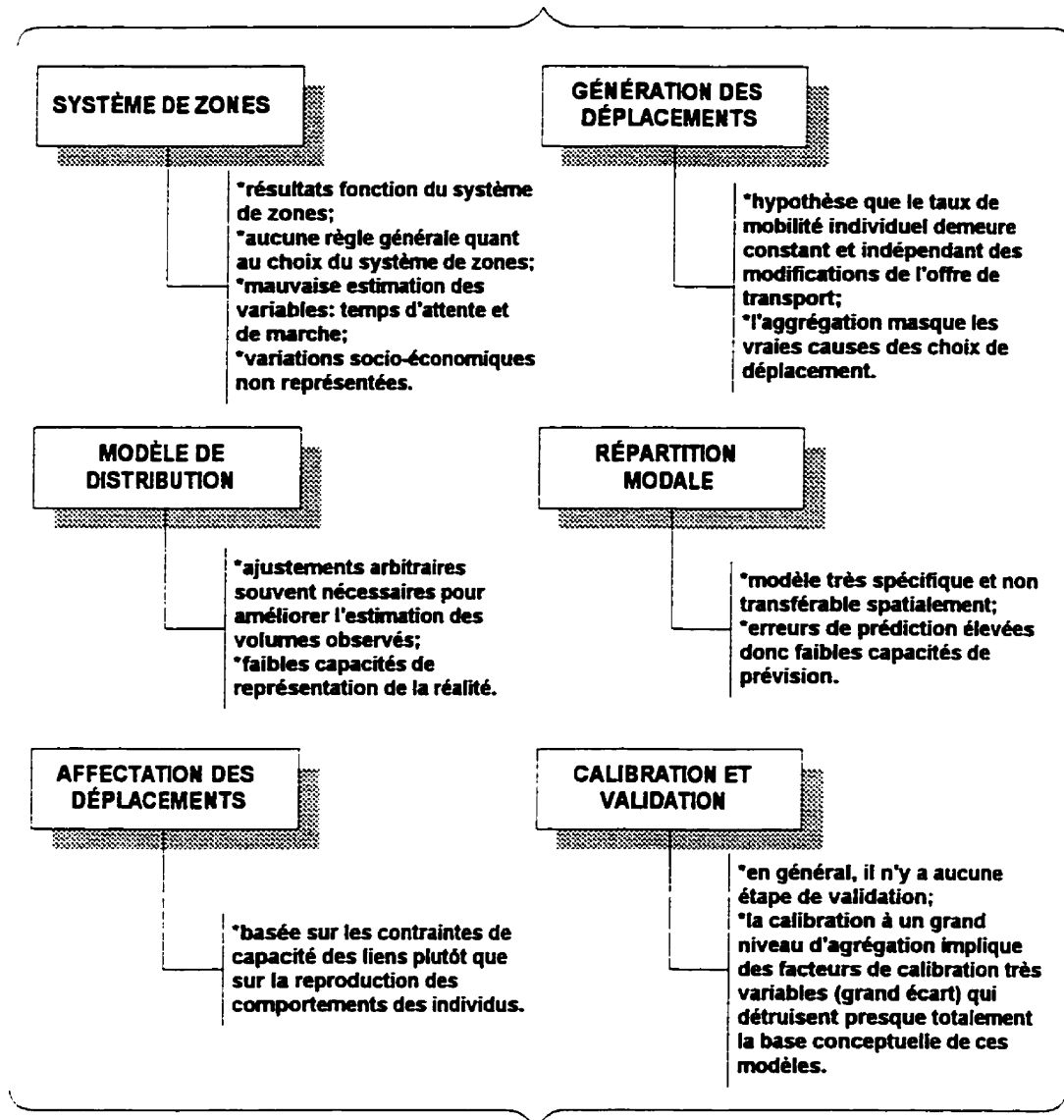
Dans un article publié en 1986, Atkins fait une revue littéraire sur les modèles de planification des transports. Divers auteurs sont cités, révélant les nombreuses déficiences des modèles agrégés.

La figure 2.3 présente les principales faiblesses décelées quant à chacune des étapes constituant les modèles agrégés de planification.

S'inspirant des besoins des entreprises de transport et cherchant à combler les lacunes des modèles classiques face à ces besoins, le modèle MADITUC a d'abord été développé pour répondre aux besoins de type opérationnel de ces entreprises (Chapleau, 1982). L'approche totalement désagrégée résulte donc de l'incapacité des méthodes classiques à fournir des données pertinentes et précises en termes d'allocation des ressources et d'indicateurs de performance mais aussi de la nécessité de tenir compte des facteurs socio-économiques et démographiques dans la compréhension et la prévision des comportements de déplacement.

Utilisées pour de simples analyses de capacité, les méthodes classiques de type agrégé, intégrant les phases de la procédure séquentielle classique, n'adhèrent pas à la philosophie d'analyse nécessaire pour réaliser les études complexes et multi-critères de planification d'un système de transport collectif. À la lumière de cette constatation, un rejet de ces méthodes et une recherche d'approches alternatives se sont avérés l'origine de l'approche totalement désagrégée. Le chapitre 3 aborde l'approche totalement désagrégée plus en profondeur.

## Modèles agrégés de planification des transports



En général, ces modèles ont une faible capacité de représentation des comportements de déplacements des individus et commettent des erreurs substantielles lors des prévisions

Figure 2.3 Critique des étapes de la procédure séquentielle classique

#### 2.2.4 Données

Les données constituent la base des études de planification et influencent directement la pertinence et la représentativité des résultats issus des modèles. Leur importance dans le processus ne saurait être plus grande. Il existe diverses méthodes de cueillette de données ainsi que plusieurs types de données pouvant faire l'objet d'analyses de transport.

Plusieurs grandes entreprises canadiennes de transport ont depuis longtemps opté pour les enquêtes origine-destination d'envergure régionale. La réalisation de telles enquêtes révèle le besoin des entreprises de disposer d'outils de planification plus puissants et évolutifs. Les informations issues des enquêtes origine-destination ont une portée plus générale que de simples comptes. La connaissance des mouvements individuels de déplacements ainsi que des caractéristiques secondaires comme la possession automobile ajoute un éventail de possibilités en termes d'analyse des comportements et interrelations. Les possibilités nombreuses de ces informations sont toutefois garantes du type de traitement et de l'approche de planification adoptée. La difficulté réside donc dans le traitement et l'exploitation de ces données pour les convertir en instruments de planification. L'approche totalement désagrégée offre de nouvelles possibilités quant à la structure et l'organisation des informations d'enquêtes origine-destination et dépasse les limites actuellement fixées par les modèles agrégés (voir section 3.2).

Les informations disponibles suite à l'enquête origine-destination permettent de reconstituer les déplacements réalisés par les individus d'un ménage particulier. Les informations sont obtenues au niveau du ménage, de l'individu et du déplacement. La

manipulation de ces données conduit à une caractérisation de la demande de transport pour différents modes de déplacements. Les informations usuelles des enquêtes origine-destination concernent les caractéristiques du ménage, de chacun des individus du ménage et de chaque déplacement effectué par les individus du ménage. La figure 2.4 détaille les informations qui résultent des enquêtes origine-destination (Chapleau, 1993).

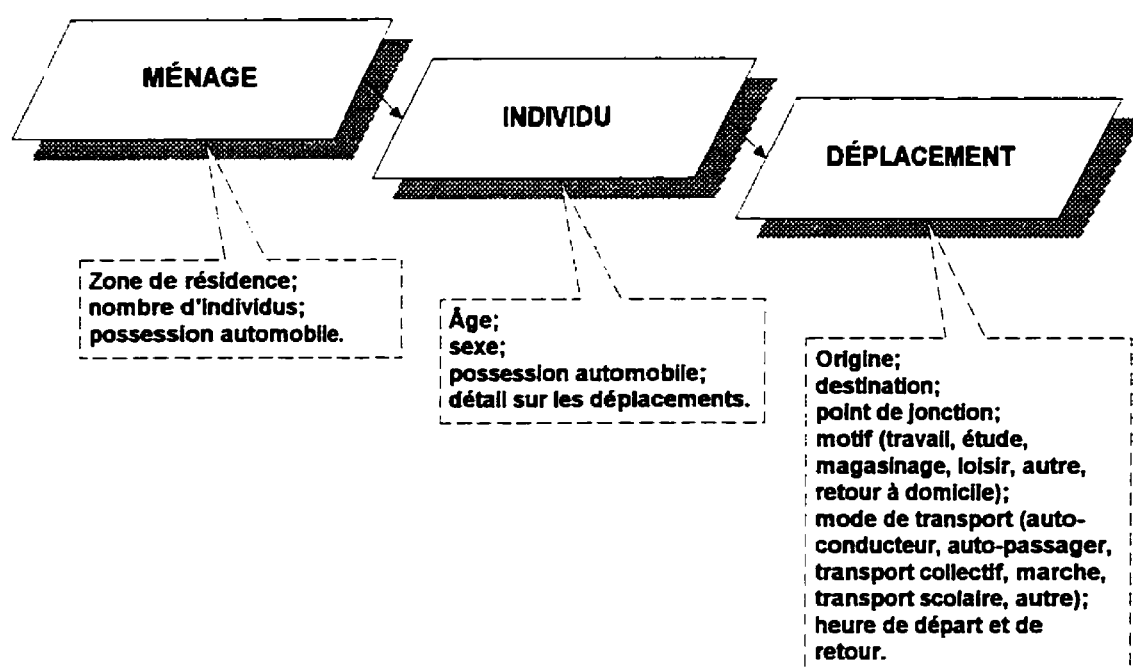


Figure 2.4 Information issue des enquêtes origine-destination

Le coût élevé rattaché aux grandes enquêtes origine-destination constitue souvent un frein à leur réalisation. Ceci oblige dès lors l'adaptation des modèles à d'autres types de données (comptes cordon, comptes à bord). Bien qu'étant d'envergure beaucoup moindre et de portée plus restreinte en termes de variété de l'information et d'analyses possibles, ces types de données permettent l'évaluation de divers indicateurs pour un coût réduit.

### **2.3 Le milieu d'intervention de la planification des transports**

La philosophie de la planification des transports évolue et les questions classiques d'analyse de capacité exigent des réponses plus élaborées. Les gestionnaires publics et privés ne peuvent plus rester froids face à la rareté des ressources financières et face à l'importance de justifier tout investissement. Le milieu dans lequel intervient le planificateur est court-circuité par ce souci universel d'utilisation optimale des ressources financières et de restrictions budgétaires. Les interrelations entre le système de transport et le système d'activités d'une collectivité (ensemble des transactions sociales, politiques, économiques et autres qui surviennent dans un espace-temps pour une région particulière) induisent une complexité accrue à la prise de décisions.

Déjà en 1976, Marvin L. Manheim soulignait l'évolution du domaine de l'analyse des transports et les aspects connexes à cette pratique. L'analyse des transports a évolué et adopte désormais un caractère multi-modal (intégration de tous les modes de déplacement), multi-sectoriel (implication de plusieurs intervenants provenant des secteurs privés et publics), multi-problèmes (divers niveaux de problématiques et questionnements) et multi-disciplinaire (concertation de professionnels oeuvrant dans des disciplines complémentaires et diversifiées).

Environ 20 ans plus tard, les « nouvelles » préoccupations des planificateurs en transport sont soulignées (Kraft, 1992) en guise d'avertissement aux professionnels du milieu. D'ores et déjà, l'importance et la nécessité d'intégrer les décisions de transport au contexte social, le souci d'effectuer des opérations de planification dans une optique multimodale ainsi que le devoir de concertation entre les intervenants responsables de



la gestion de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de la planification des transports sont signalés comme des préoccupations certaines que doivent assimiler les professionnels.

### 2.3.1 Le contexte décisionnel

#### À LA TÊTE DES TRANSPORTS COLLECTIFS

L'exploitation des systèmes de transport collectif n'a pas toujours relevé du secteur public. En effet, les systèmes de transport collectif étaient anciennement exploités par des entreprises privées. Ce sont principalement les projets de métro lourd, nécessitant de grands investissements, qui ont incité l'implication financière des secteurs publics dans les systèmes de transport collectif (Black, 1995). Le transfert de l'industrie du transport collectif vers le secteur public s'est produit dans les années cinquante. À cette époque, les autobus et les trolleybus remplacèrent les tramways et de plus en plus, les voitures se substituèrent aux transports collectifs dans la part des déplacements (ACTU, 1985). Il faut souligner qu'alors, les projets inhérents au transport des personnes concernaient principalement l'amélioration et l'ajout d'infrastructures routières dans l'objectif de réduire la congestion automobile. La priorité quasi absolue donnée à la voiture pendant ces années a résulté en un réseau routier vaste et imposant, induisant un développement urbain éclaté.

Actuellement, la majorité des systèmes de transport collectifs canadiens sont gérés et exploités par des autorités municipales. En effet, 68 des 74 systèmes de transport collectif étaient sous juridiction municipale en 1985 (ACTU, 1985). La situation de la grande région métropolitaine de Montréal en matière de transport est fort intéressante et favorise l'observation de plusieurs comportements.

### LES INTERVENANTS IMPLIQUÉS

Tel que souligné par Manheim (1976), les transports occupent une grande place dans l'économie locale et régionale. Par conséquent, les sociétés de transport collectif et les entreprises privées de transport sont souvent très puissantes et influentes politiquement et économiquement.

Une adaptation d'un schéma relationnel (voir Figure 2.5) établi par Chapleau et Allard (1992) présente les diverses relations existant entre les décideurs, les intervenants et les systèmes d'informations reliés à la planification des transports.

De plus en plus, le souci de consulter le public pour les projets se rapportant au transport voit le jour. Il est bien évident que, vu la position de pouvoir détenue par les décideurs et les politiciens, les particuliers n'ont pas un grand poids dans la balance. Toutefois, le principe de coproduction des décisions et de l'information s'implante dans la philosophie et dans le processus de prise de décision. D'ailleurs, selon Bessay (1988), *« précisément, c'est en associant les usagers que le service public arrivera à se moderniser dans la mesure où il sera contraint d'être plus attentif à ce que ressentent ceux pour qui il a été conçu »*.

Aux États-Unis, l'amendement du Clean Air Act adopté en 1990 et l'ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act) adopté en 1991 imposent différentes responsabilités dans l'objectif de rendre la planification des transports plus démocratique et pour favoriser l'implication du public dans la prise de décisions (Hathaway et Wormser, 1993). Depuis, différents projets ont impliqué la participation de particuliers et ce, de différentes façons : référendums, sondages, groupes de discussion, consultations.

En Europe, le constat est le même ; le nombre de parties concernées dans la prise de décision en transport s'est multiplié, les usagers, les riverains, les institutions locales, régionales, nationales, européennes, internationales ont tous vocation à intervenir. De plus, la technique du groupe de pression devient une pratique plus courante pour influencer les décisions (Transport et société, 1991).

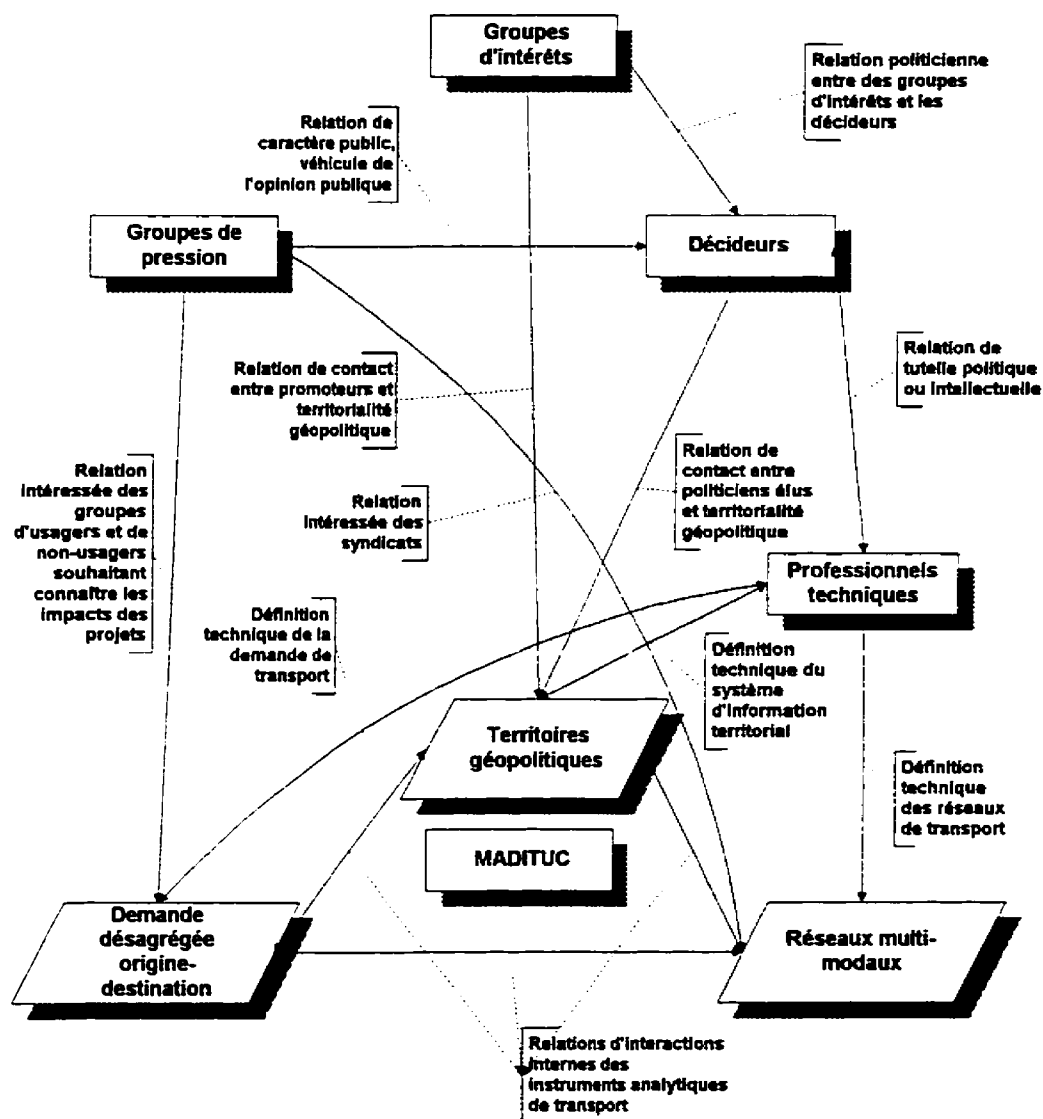


Figure 2.5 Relations entre décideurs, intervenants et systèmes d'information de planification (Chapleau et Allard, 1992)

### LE PROCESSUS DE PRISE DE DÉCISION ET DE PLANIFICATION

Les instruments de planification jouent un rôle important dans la prise de décision. En effet, ils font partie intégrante du processus de décision et sont souvent les paliers des analyses et études de justification des projets. L'utilisation abusive ou aveugle de tels instruments de planification risque d'entraîner la prise de décisions coûteuses, inéquitables et inadaptées aux besoins de la collectivité.

Il apparaît donc essentiel pour un professionnel oeuvrant dans le milieu de la planification de connaître les intervenants et enjeux des divers projets et d'être conscient des relations existant entre l'utilisation de divers instruments et ceux que l'on qualifie de décideurs.

La mutation du processus de prise de décision par la participation de plusieurs intervenants ajoute « *une difficulté majeure du fait que la décision ne chemine plus de manière linéaire suivant une échelle hiérarchique* » (Transport et société, 1991). La décision s'élabore maintenant progressivement suivant un réseau d'interrelations où plusieurs intervenants « *s'expriment aux différents niveaux institutionnels et peuvent se prévaloir d'un même rang de légitimité* » (Transport et société, 1991).

Afin de forger une culture décisionnelle honnête en relation avec l'utilisation des instruments de planification, il convient de présenter différentes préoccupations américaines et françaises quant au rôle des instruments de planification (modèles) dans l'évaluation des projets et la prise de décision.

D'une part, la vue des américains (Handy ; Chapleau 1992) comporte trois perspectives quant au rôle des modèles de transport : rationnelle, politique et interactive (figure 2.6).

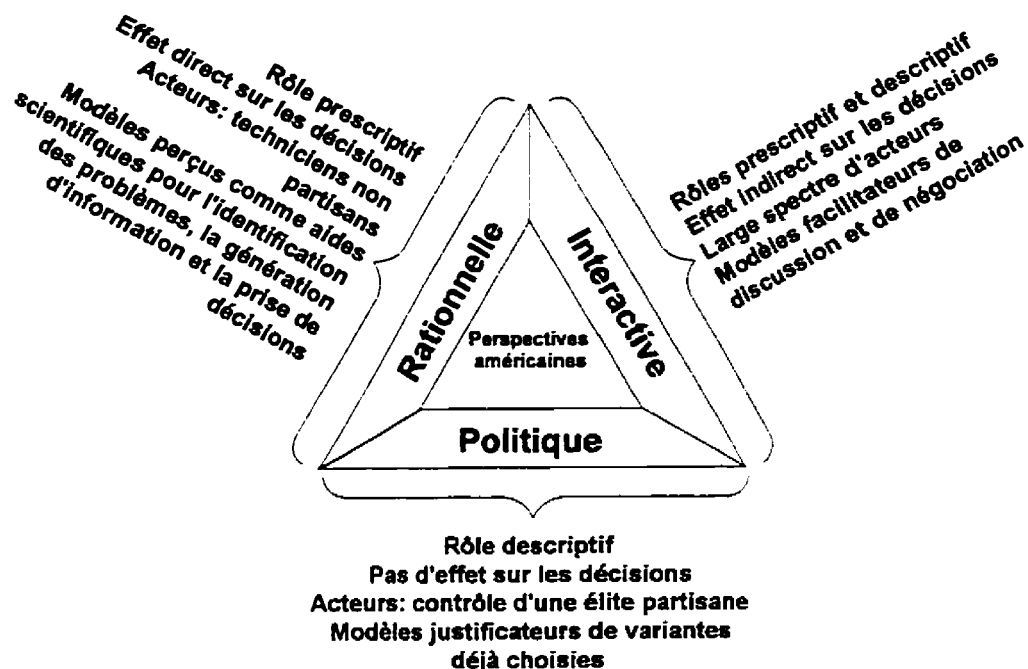


Figure 2.6 Perspectives américaines relatives au rôle des modèles de transport

Premièrement, la perspective rationnelle réfère à l'idéal scientifique selon lequel les professionnels ne subissent aucune influence des groupes de pressions et des intervenants politiques, économiques et institutionnels. Selon cette perspective, la rationalité est source des réflexions et des décisions, ces dernières ne tenant nullement compte du milieu environnant.

Tel que souligné par Chapleau (1992), les américains reconnaissent qu'il existe une perspective politique à l'utilisation des modèles et que l'utilisation de ceux-ci selon cette optique sert d'abord des intérêts politiques plutôt que des fonctions rationnelles. Il semble en effet évident que les puissances politiques jouent un rôle déterminant dans la prise de décisions.

Finalement, la perspective interactive reflète le souhait des américains d'assister à un échange interactif d'idées et d'opinions entre divers intervenants des milieux concernés afin de déboucher à une décision appuyée par l'ensemble des individus. Toutefois, les liens de tutelles existant entre les divers groupes d'intervenants brisent toute apparence et vraisemblance d'objectivité et d'interaction honnête entre ceux-ci.

D'autre part, l'interprétation française distingue trois discours d'évaluation : analytique, procédurale et mobilisatrice (figure 2.7).

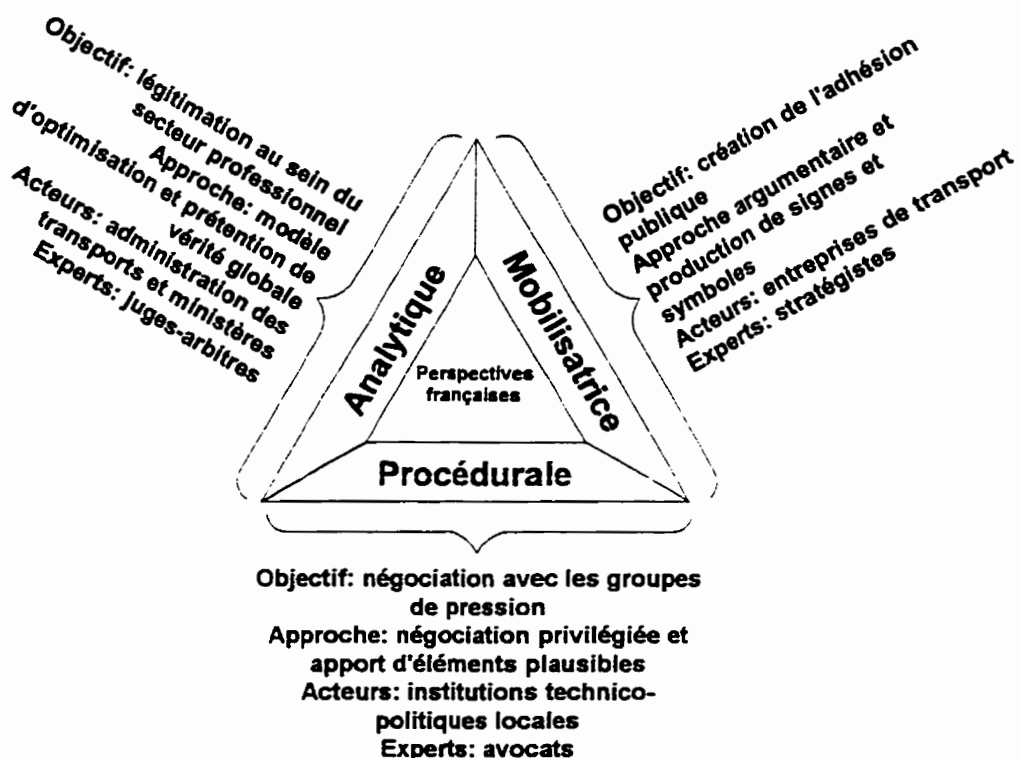


Figure 2.7 Discours d'évaluation selon la perspective française

La perspective française démontre un réalisme face au processus de prise de décision qui, inévitablement, subit les pressions des groupes opposés du savoir, de la manipulation et des institutions. Le discours d'évaluation analytique appartient aux

professionnels et correspond à un idéal rationnel dans lequel les modèles d'optimisation et les études bénéfices/coûts justifient les choix. Le discours d'évaluation procédurale est associé aux institutions bureaucratiques et technocratiques qui utilisent leurs multiples maillons pour restreindre les choix dans un contexte non scientifique. Finalement, le discours d'évaluation mobilisatrice reflète le pouvoir des stratégies de marketing à orienter les décisions et à créer un consensus public artificiel par des pratiques non rationnelles.

L'extraction du processus de planification de l'ensemble du processus de prise de décision permet de distinguer la démarche propre à l'approche totalement désagrégée. De façon générale, le processus de planification classique origine d'un problème particulier auquel une solution est directement rattachée. Le processus est linéaire, chaque étape étant fonction de la précédente. À titre de démonstration, la figure 2.8 illustre une représentation schématique du processus de planification simple établi par Meyer et Miller (1984). La structure générale de ce processus s'apparente beaucoup à celle établie par plusieurs autres auteurs tels Dickey (1975), Merlin (1991) et Frybourg (1974), dans laquelle on retrouve toujours des scénarios, des critères d'évaluation et une solution optimale.

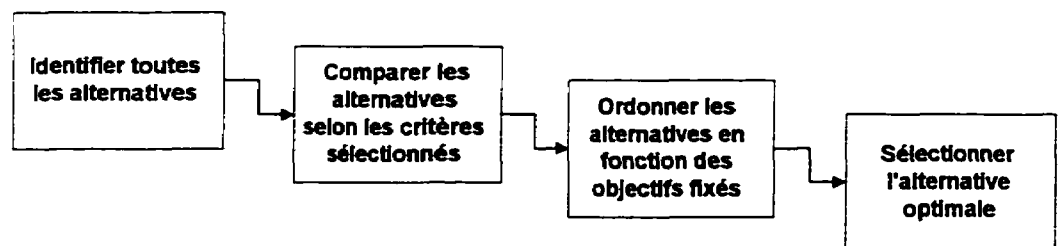


Figure 2.8 Schéma du processus de planification classique (Meyer et Miller, 1984)

Déjà en 1975, Dickey s'exprimait ainsi :

*« planning should be considered a continual process, with solutions being altered as new aspects of problems arise, as goals and objectives change, and as improved technology becomes available ».*

Le souci de rendre le processus de planification interactif et adaptatif a nécessité la redéfinition de la planification. Le processus de planification selon une approche novatrice telle l'approche totalement désagrégée réfère à une réingénierie du processus dans lequel les questions et les solutions probables ne sont ni connues, ni prévisibles et se révèlent au fur et à mesure des analyses.

Le planificateur peut faire face à divers problèmes classiques mais sera davantage confronté à de nouvelles problématiques impliquant l'utilisation de nouvelles approches exploratoires. À cet effet, le chapitre 3 présente la façon dont l'approche totalement désagrégée aborde la planification des transports et se distingue des autres instruments de planification.

### **2.3.2 Contexte social**

Tel que mentionné précédemment, les opérations de planification des transports sont réalisées afin de répondre aux besoins de la collectivité d'un point de vue global tout en prenant en compte les besoins de chaque groupe d'individus ayant des caractéristiques particulières. Dans cette optique, les facteurs sociaux influençant les comportements de déplacement des individus doivent être connus et analytiquement appréciés par les planificateurs.



À prime abord, il semble que plusieurs facteurs sociaux agissent sur les comportements individuels de transport et que l'évolution des ceux-ci oblige la révision périodique de la desserte en transport en commun d'une région. À partir des données issues des enquêtes origine-destination réalisées dans la grande région de Montréal, différentes analyses ont été effectuées afin de qualifier l'évolution spatiale et temporelle des facteurs tel le vieillissement de la population, la présence des femmes sur le marché du travail, le taux de chômage, les caractéristiques des ménages, le degré de scolarité et la nationalité ainsi que leurs impacts sur la répartition modale et le taux de mobilité.

#### VIEILLISSEMENT DE LA POPULATION

L'appréciation du vieillissement de la population est possible par la comparaison des proportions d'individus appartenant aux multiples cohortes d'âges. Les personnes âgées ont généralement une mobilité réduite et sont une clientèle cible des transports collectifs. En effet, celles-ci sont souvent seules, pauvres, incapables de conduire un véhicule et se retrouvent captives des transports collectifs.

Dans la grande région de Montréal, les données issues des enquêtes origine-destination ont permis de constater un vieillissement de la population ainsi qu'une concentration des personnes âgées dans le centre urbain, tandis que la banlieue est habitée principalement par les familles et les jeunes ménages (Chapleau et Lavigueur, 1991). En effet, l'apport de chacun des trois groupes d'âge principaux, 0-17 ans, 18-64 ans et 65 ans et plus, varie constamment depuis 1970 (Chapleau et Girard, 1985). Il y a une forte baisse de proportion des plus jeunes, compensée par une hausse des deux autres groupes. Ces variations temporelles fluctuent de plus au niveau spatial. Ainsi,

l'évolution est plus dynamique près du centre-ville et s'amenuise avec l'éloignement. Finalement, en 1982, l'âge moyen est plus élevé au centre-ville et diminue vers la banlieue.

Le vieillissement de la population a un impact direct sur la possession automobile dû au fait qu'une grande proportion d'individus accèdent à l'étape adulte de leur cycle de vie ce qui implique souvent la formation de nouveaux ménages et le désir plus ou moins vigoureux d'acquérir une automobile (Chapleau et Girard, 1985).

L'augmentation de la proportion de personnes âgées dans une collectivité, principalement de sexe féminin, implique une redéfinition des services réguliers afin de répondre à leurs besoins particuliers et aux habitudes de déplacements de cette catégorie d'usagers en croissance. Par exemple, il a été constaté que les personnes âgées réalisent la grande part de leurs déplacements quotidiens pendant l'avant-midi par opposition aux adultes qui concentrent leurs déplacements en pointe de l'après-midi (Pietrzyk, 1994).

#### PRÉSENCE DES FEMMES SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

La présence des femmes sur le marché du travail, implique une plus grande mobilité de celles-ci. Il a été démontré que les femmes utilisent davantage les transports collectifs que les hommes. Ainsi, se basant sur ce fait, on pourrait prévoir que l'utilisation des transports collectifs par les femmes augmentera avec la croissance de celles-ci sur le milieu du travail. Toutefois, l'augmentation de revenus reliée à leur nouveau statut semble favoriser un report modal vers la voiture car les taux de déplacements véhiculaires (auto-conducteur) sont en très forte progression chez les femmes (Chapleau et Lavigueur, 1991).

### CARACTÉRISTIQUES DU MÉNAGE

La composition des ménages a beaucoup évolué dans les dernières années. Selon Chapleau et Girard (1985), la taille des ménages a diminué d'environ 20% entre 1970 et 1982. En plus de subir une telle évolution temporelle, les caractéristiques de ces ménages diffèrent spatialement. Il appert en effet que les ménages ne soient pas répartis de façon homogène sur l'ensemble du territoire de la grande région de Montréal. Ainsi, l'analyse permet de constater une évolution continue de la taille des ménages vers la banlieue (Chapleau et Lavigueur, 1991).

### POSSESSION AUTOMOBILE

Plusieurs études ont démontré qu'il existe un lien direct entre le taux de mobilité, le choix modal et la possession automobile. D'ailleurs, cette relation est utilisée abondamment dans les modèles classiques où la possession automobile est un critère de choix pour la génération des déplacements d'un ménage.

Dans la grande région de Montréal, la possession automobile a connu une augmentation de 0.32 à 0.50 entre 1978 et 1987, induisant une augmentation de la mobilité (Chapleau et Lavigueur, 1991). En plus d'évoluer temporellement, la possession automobile est modulée en fonction de la localisation spatiale, s'avérant plus forte en banlieue qu'au centre-ville. Finalement, vu la forte relation existant entre la possession automobile et le taux de mobilité, la motorisation des ménages augmente du centre-ville vers la banlieue (Chapleau et Girard, 1985).

### 2.3.3 Contexte économique

De plus en plus, le facteur économique prend une place prépondérante dans la prise de décision. Les caractéristiques économiques des individus ainsi que la conjoncture actuelle quant aux finances publiques ont des impacts directs sur les habitudes de déplacements et sur les services offerts.

#### REVENUS

Les revenus influencent directement la possession automobile et par conséquent l'utilisation des transports collectifs. Conformément aux observations faites quant à la possession automobile, les revenus sont supérieurs en banlieue (Chapleau et Lavigueur, 1991).

#### FINANCEMENT DES TRANSPORTS COLLECTIFS

*« L'opération d'un réseau de transport collectif est habituellement effectuée dans un contexte où les ressources sont limitées » (Chapleau et Bergeron, 1991).*

Au Québec, le financement des systèmes de transport collectif a connu plusieurs réformes au cours des dernières années. Suite au désengagement financier du gouvernement provincial, les municipalités et les usagers ont dû augmenter leurs contributions respectives afin d'éviter des coupures de services importantes.

Outre cette difficulté de financement, les entreprises de transport collectif doivent offrir des services sur un territoire de plus en plus étendu et de moins en moins dense, résultant en une augmentation des coûts d'opération. Une gestion efficace du réseau s'avère donc une avenue pour répondre à ce type de demande avec les contraintes d'un financement précaire et variable.

### 2.3.4 Contexte urbain

#### ÉTALEMENT URBAIN

L'essor de l'automobile a d'une part favorisé et entraîné la croissance économique et, d'autre part, amélioré la mobilité individuelle. L'automobile a en effet permis aux individus d'atteindre une plus grande autonomie en termes de déplacements et d'accéder à des destinations jusqu'alors inaccessibles par les autres modes de transport. Ceci contribue au développement des banlieues, favorise l'étalement des régions urbanisées et la relocalisation de zones d'activités en périphérie d'agglomération. Cette évolution des zones urbaines est conséquence et cause de la dépendance croissante des individus envers l'automobile (Kaufmann, 1995).

La taille de la ville et la localisation des zones résidentielles, commerciales, industrielles et de loisir ont par conséquent un impact sur les pratiques modales, car ils influencent les distances de déplacement et l'offre de service de transport. Inversement, les systèmes et les infrastructures de transport influencent l'organisation urbaine.

#### IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

*« La combustion de l'essence et du gazole par les automobiles et les camions est en grande partie responsable de la dégradation de la qualité de l'air en milieu urbain, ainsi qu'en périphérie des grandes villes »* (Microsoft Encarta, 1997). Les impacts néfastes du trafic routier sur la qualité de l'environnement sont nombreux. Outre la pollution de l'air due au rejet de gaz nocif pour la santé humaine et les écosystèmes, le transport routier favorise l'augmentation du bruit dans les secteurs urbains, nécessite une forte consommation énergétique parfois même qualifiée de gaspillage, une grande utilisation de ressources naturelles ainsi que la consommation d'espace en milieu urbain et rural.

### GÉOGRAPHIE URBAINE

« Un grand nombre de facteurs liés à l'urbain sont susceptibles d'influencer ou même de contraindre les pratiques modales » (Kaufmann, 1995). La topographie du secteur a un impact sur les comportements de déplacement, particulièrement sur le choix modal. Ainsi, les villes à fortes déclivités (montagneuses) ont une plus faible part de déplacements effectués en vélo ou par la marche. La taille de la ville a aussi un impact sur les pratiques modales par le biais des distances de déplacements à parcourir afin d'atteindre les divers points d'intérêt.

La localisation et la densité des zones d'habitat, d'emploi et de services influencent fortement les pratiques modales (Kaufmann, 1995 ; Frank et Pivo, 1994). En effet, l'utilisation des transports collectifs est plus forte dans un contexte urbain dense. Malgré la relation qui peut exister entre la densité et les comportements de déplacements, il est important de comprendre qu'il n'existe pas de valeur fixe pour l'ensemble des situations données et que la mobilité est influencée par plusieurs autres facteurs. Par conséquent, des outils tels le « Trip Generation », qui fournissent des modèles pour calculer des taux de déplacements à partir de la densité, négligent l'ensemble des autres facteurs d'influence. Outre le fait que la densité ait effectivement un impact sur la mobilité, il demeure que ces taux sont dérivés de l'expérience américaine et qu'il est justifié de douter de leur précision.

Il est donc important de considérer, dans toute analyse, l'offre de transport collectif qui est généralement moins attractive dans les zones dispersées et décentralisées dû au plus faible potentiel d'usager pour une superficie donnée comparativement aux zones denses et monocentrées où la demande potentielle est plus forte.

### ORGANISATION DES TRANSPORTS

Le caractère régional des systèmes de transport oblige une action concertée de tous les intervenants reliés de près ou de loin aux transports. C'est pour favoriser une telle concertation qu'au Québec, le ministère des transports a entrepris l'élaboration de plans régionaux intégrant toutes les questions liées au transport et à l'aménagement du territoire. L'objectif de ces plans est d'établir les lignes directrices en termes de gestion des infrastructures et systèmes de transport en plus de planifier les investissements prioritaires pour l'avenir de chacune des régions administratives. En effet, il n'existe pas de plan type pouvant s'appliquer à l'ensemble des régions, chacune ayant des particularités et des conditions de transport distinctes. Le cas de la région de Montréal est à ce titre complexe et substantiel. Plusieurs structures administratives ont de plus été érigées récemment afin de faciliter la gestion, la cohérence et l'intégration de tous les systèmes de transport de la grande région de Montréal (Agence métropolitaine des transports, division territoriale du ministère des transports du Québec, Commission de développement de la métropole, etc.).

#### **2.3.5 Contexte technologique**

##### OUTILS INFORMATIQUES

L'amélioration de la capacité de traitement de l'information en termes de mémoire et de rapidité des outils informatiques a complètement bouleversé le monde scientifique. Les procédures appliquées dans la collecte et le traitement de l'information ont muté pour s'adapter aux nouvelles capacités et possibilités des nouveaux outils informatiques.

Afin de montrer l'évolution appréciable qu'il y a eue en termes d'outils informatiques, un schéma incluant les programmes, logiciels et ordinateurs utilisés dans le traitement des six enquêtes origine-destination de Montréal est présenté à la figure 2.9.

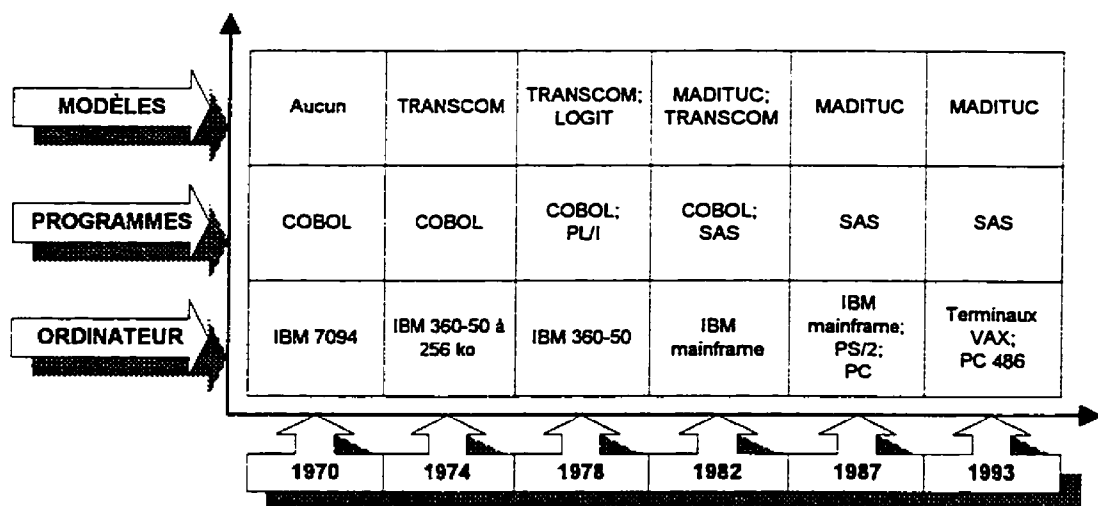


Figure 2.9 Évolution des outils informatiques

### INTERNET

L'expansion rapide d'internet au niveau international apporte un vent de changements aux communications et au monde de l'information. Le nombre d'individus ayant accès à ce monde virtuel est en pleine croissance, obligeant les entreprises à se doter d'outils de communication sur ce réseau. Internet est d'abord et avant tout un outil de dissémination de l'information. Ce mode de communication permet des échanges et des discussions entre des intervenants de nationalité et d'opinions différents mais permet aussi la dissémination d'information au niveau local.

Par exemple, internet s'avère un instrument d'information puissant pour les entreprises de transport collectif qui désirent donner des informations précises aux usagers. L'évolution rapide du nombre de sites ainsi que de la qualité de l'information disponible



sur ceux-ci permet d'espérer que l'ensemble des entreprises de transport collectif seront prochainement dotées de sites fournissant les horaires, les tarifs, les règlements, les cartes et bien d'autres informations. Cette question sera approfondie au chapitre 4.

### LE MULTIMÉDIA

Le multimédia réoriente le mode de pensée et de conception des applications informatiques. La cohabitation, sous une même application, d'objets image, son, vidéo, animation texte et photo conduit à la création d'instruments de pédagogie et d'information attractifs, efficaces et très variés. Plusieurs logiciels ont été conçus dans cette optique et permettent le développement et la programmation d'applications multimédia interactive. L'arrivée de tels logiciels constitue une révolution dans le monde des logiciels de présentation et de pédagogie.

#### **2.3.6 Centre urbain et banlieue**

L'analyse des divers contextes permet de constater que plusieurs facteurs d'influence sont intimement liés et fluctuent proportionnellement les uns par rapport aux autres. Le schéma présenté à la figure 2.10 montre l'évolution spatiale de divers facteurs reliés à la problématique des transports.

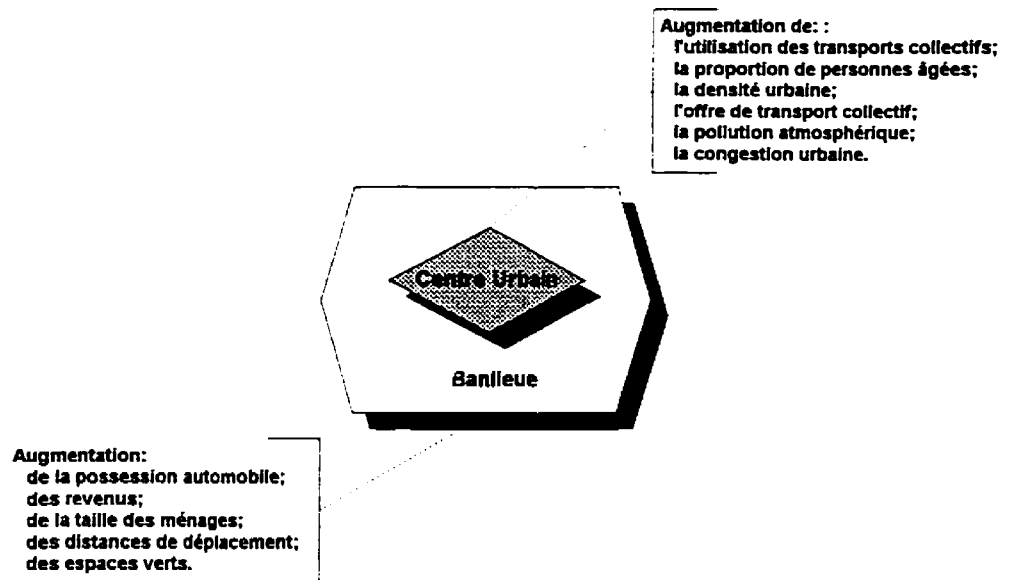


Figure 2.10 Comparaison des caractéristiques : banlieue versus centre urbain

### 2.3.7 Autres facteurs

Plusieurs facteurs sont à la source des choix de déplacement effectués par les usagers des services de transport. Outre les facteurs reliés aux contextes décisionnel, social, urbain, économique et technologique, d'autres considérations relatives aux habitudes des individus et à la perception de ceux-ci face aux divers services de transport méritent d'être observées. La planification d'un système de transport collectif ne saurait être réalisée intelligemment sans une connaissance de tous ces facteurs et des impacts qu'ils produisent sur le choix des usagers.

Différentes études ont été réalisées dans l'objectif de cerner l'ensemble des facteurs d'influence. La caractérisation des usagers en fonction des choix qu'ils effectuent et des raisons qui sous-tendent ces choix a été effectuée par Kaufmann (1995). Quatre types d'usagers motorisés (non captifs d'un mode en particulier) ont en effet été établis

et offrent une distinction en fonction des habitudes de déplacements et des raisons à la source de ces habitudes (figure 4.11).

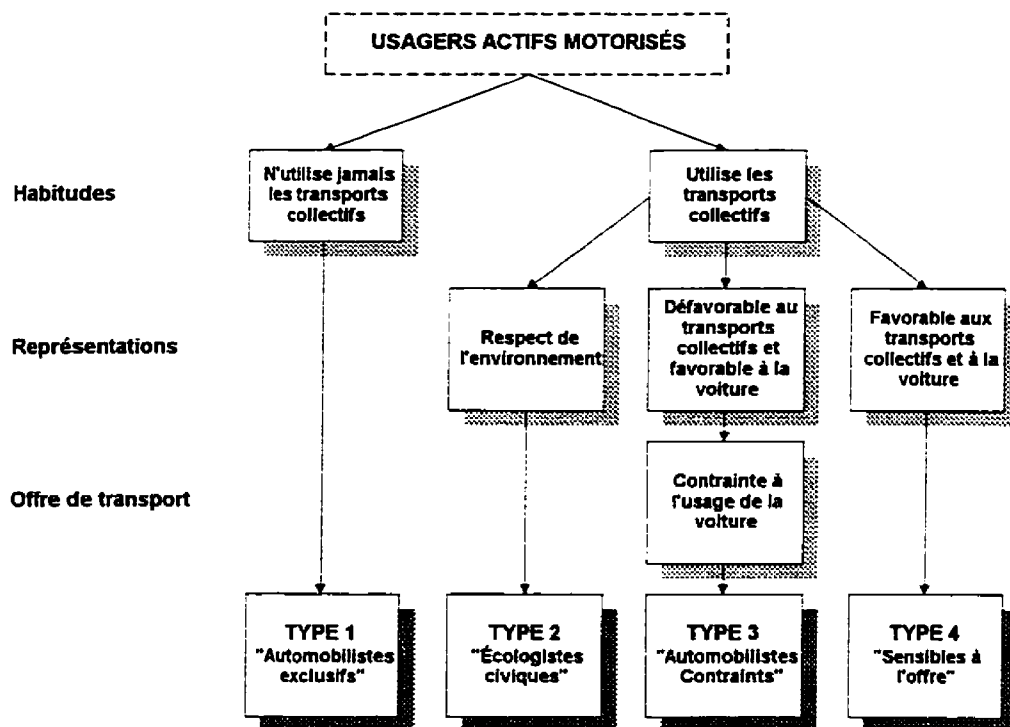


Figure 2.11 Quatre types d'usagers actifs motorisés (Kaufmann, 1995)

Cette distinction peut s'avérer un outil d'analyse des différents types d'usagers et permet de mesurer plus finement les impacts des autres facteurs sur les choix effectués par les individus d'un type particulier.

Il apparaît ainsi que l'offre de service de transport collectif et particulier influence le choix modal. D'ailleurs, selon Manheim (1979), « *the level of service of every mode should influence demand* ». Le niveau de service joue donc un rôle déterminant dans les choix des individus et doit influencer la modélisation de la demande à chaque étape du processus.

Selon une étude réalisée par Ball et Mierzejewski (1990), le choix du transport collectif comme mode de déplacement dépend du coût et de la disponibilité du stationnement, des temps de déplacement (si moindres que ceux en automobiles) et de la congestion sur les artères de circulation tandis que le manque de flexibilité, les temps supérieurs de déplacements et les correspondances agissent comme des désagréments favorisant l'automobile.

Toutefois, les coûts relatifs à l'achat du véhicule et à son utilisation (essence, péage, entretien, immatriculation, permis de conduire) ne semblent pas être pris en compte par les individus lors du choix modal sinon que par une faible proportion d'utilisateurs des transports collectifs.

### **3. L'APPROCHE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE**

Le contexte évolué au sein duquel se réalise la planification des transports urbains a donné naissance à une nouvelle approche méthodologique dont l'objectif est de répondre dynamiquement aux besoins des décideurs. Le contexte décisionnel étant maintenant connu, il est aisé de constater que l'approche renouvelée doit être techniquement incontestable afin de résister aux diverses influences de ce milieu.

De par sa nature exploratoire, adaptative, informationnelle et interactive, l'approche totalement désagrégée adhère au nouveau mandat de planification. Cette approche initiée et mise en pratique par le système MADITUC, permet de réaliser plusieurs applications dont les plus fréquentes traitent la restructuration du réseau, l'identification des trajectoires de clientèles-cibles, l'estimation des effets de débordements et des implications économiques, l'estimation du potentiel d'attraction de la modernisation d'une ligne de train de banlieue, l'étude de l'accessibilité aux réseaux de transport pour un territoire de desserte donné ainsi que l'analyse d'un prolongement ou d'une modification d'infrastructure de transport.

#### **3.1 Historique et philosophie**

Les modèles de planification des transports ont émergé pour soutenir la prise de décisions alors que les capacités mathématiques et informatiques étaient très primitives voire inexistantes. La simplification d'une situation pourtant complexe était la seule option disponible et c'est pourquoi il devenait nécessaire d'agréger le territoire et les données. Les calculs étaient effectués à partir d'une matrice de déplacements

origine-destination dans laquelle toute information relative aux individus et ménages effectuant les déplacements était à jamais perdue. Cette agrégation permettait toutefois d'effectuer certains calculs laborieux manuellement et le tout s'avérait une révolution dans l'analyse des déplacements. Le choix d'agréger les données et par conséquent de réduire la précision des informations était dicté par l'absence d'instruments de calcul et de traitement des informations. La méthode agrégée s'avérait la seule méthode de planification des transports applicable par les analystes.

Le développement d'outils de calcul ainsi que l'arrivée d'instruments informatiques performants transforment le milieu dans lequel se réalise le traitement et l'analyse des données. Il ne semble plus nécessaire de simplifier un système complexe, de négliger des variables significatives et d'alléger les calculs, car les instruments maintenant disponibles sont très puissants et travaillent à grande vitesse.

Tel que souligné par Chapleau (1993) :

*« Fondamentalement, toute logique que soit la procédure séquentielle classique, il n'en demeure pas moins qu'elle a très peu évolué. Elle était sûrement nécessaire à une époque où les capacités d'analyse et d'exploitation statistique des données d'enquêtes Origine-Destination demeuraient artisanales, mais maintenant, elle illustre plutôt notre incapacité à intégrer les nouveaux outils technologiques et méthodologiques disponibles (plates-formes microinformatiques très puissantes, approche totalement désagrégée) à une nouvelle puissance de la modélisation du transport urbain. »*

Il appert donc clairement que l'utilisation de modèles algébriques simples, qui s'appuient sur un principe de zones, constitue un anachronisme et appartient à une époque révolue.

Le système MADITUC basé sur l'approche totalement désagrégée est un logiciel en évolution continue issu du logiciel TRANSCOM et de la partie transport en commun de EMME. MADITUC a émergé d'une part suite à plusieurs critiques et avertissements quant à l'utilisation des modèles agrégés dans la planification des systèmes de transport et la prévision de la demande, et d'autre part pour répondre aux nouvelles exigences des entreprises de transport collectif qui, en plus de savoir combien de gens utilisent leurs services, souhaitent connaître les caractéristiques de leur clientèle et les raisons qui sous-tendent leurs choix. La nécessité de disposer d'instruments ayant un plus grand pouvoir descriptif et explicatif des comportements a initié l'introduction de nouvelles variables significatives et par conséquent le rejet du principe d'agrégation du territoire. La notion d'approche totalement désagrégée réfère d'une part au traitement systématique d'informations à caractère individuel (déplacement et caractéristiques de l'individu ou du ménage) et, d'autre part, au traitement d'informations à caractère spatial n'exigeant pas ou peu de découpage territorial a priori (Chapleau, 1990).

L'importance et la nécessité de tenir compte des caractéristiques de chacun des individus réalisant un déplacement particulier oblige l'analyse du problème transport à un niveau de détail très grand. La notion de traitement individuel de chaque déplacement s'annonce être la clef d'une analyse représentative.

L'approche totalement désagrégée se fonde sur des études comportementales basées sur les variables à caractère socio-économico-démographique qui ont une influence significative sur le choix de déplacements des individus. MADITUC, bien que traitant maintenant des problématiques reliées au transport routier, au transport des marchandises, aux aéroports, à la voirie et à tout autre système de transport, a d'abord

été développé pour répondre aux besoins des entreprises de transport collectif en matières de planification opérationnelle.

Pour répondre à ces attentes, la conception de MADITUC a été réalisée en mettant l'accent sur trois aspects importants (Chapleau, 1982) :

- une codification plus détaillée de la géométrie générale du réseau de transport en commun ;
- une évaluation plus soignée de l'allocation des ressources ;
- une affectation des déplacements totalement désagrégée.

Le désir et l'importance de disposer d'une approche adaptable et adéquate pour l'ensemble des analyses, problèmes, questions, secteurs et variables a dessiné la philosophie sous-jacente à l'approche totalement désagrégée. La création d'une nouvelle approche vient donc répondre à une série d'exigences issues du contexte évolué de la problématique des transports :

- capacité de traiter les informations issues des grandes enquêtes de déplacements régionales (enquêtes origine-destination) ;
- nécessité d'intégrer des variables d'influence à caractère socio-économique et démographique dans les analyses et la prise de décision ;
- possibilité d'intervenir à chaque pas de la procédure, de modifier les critères et de rétroagir sur le processus ;
- capacité de représenter le comportement de déplacement des individus en fonction de l'espace et du temps ;



- disposer d'une plate-forme graphique permettant une interaction continue et dynamique du planificateur et une représentation graphique des divers comportements et analyses ;
- disposer d'une procédure de calibration adaptant l'approche à l'ensemble des situations possibles ;
- posséder les facultés nécessaires pour traiter une grande quantité d'information ;
- disposer des facilités pour intégrer diverses bases de données externes ;
- possibilités d'extraire des informations relatives à des groupes d'utilisateurs particuliers et d'effectuer des analyses sur ceux-ci;
- capacité de répondre aux exigences de planification opérationnelle par l'évaluation des ressources nécessaires et des indicateurs de performance d'un réseau;
- permettre au planificateur une compréhension de l'ensemble des procédures par une philosophie de perméabilité des informations à toute étape.

L'approche totalement désagrégée s'inscrit ainsi comme la continuité logique des modèles algébriques simples de type agrégé et constitue la nouvelle génération d'instruments de planification maintenant mieux connus sous le vocable de systèmes d'aide à l'analyse et à la planification des systèmes de transport urbain.

Les instruments de planification ont connu un autre type d'évolution liée à la structure même de l'outil. Alors que l'approche classique se résumait à un modèle algébrique, la nouvelle gamme d'instruments de planification s'apparente davantage à un environnement de planification et intègre les cinq composantes d'un système

d'information dédié à l'analyse et la planification des transports. La figure 3.1 présente les cinq composantes de ce système tel que défini par Chapleau (1990):

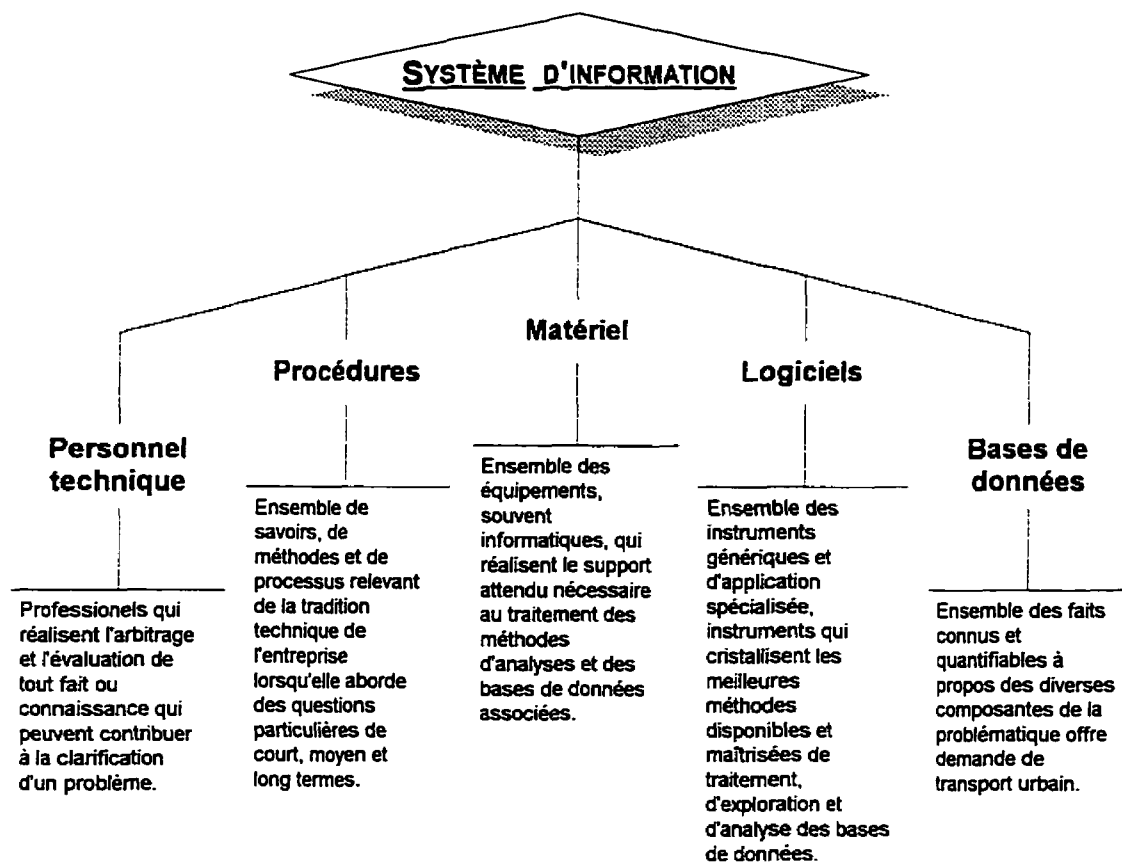


Figure 3.1 Composantes d'un système d'information

La recherche et le développement incessant de l'approche totalement désagrégée se traduit par la spécification continuelle de cet instrument. À l'origine identifiée à un système d'information, cette approche est devenue peu à peu un système d'aide à l'analyse et la planification des transports, offrant de nombreuses possibilités jusqu'alors inexplorées. La redéfinition plus détaillée des composantes du système ainsi que la disparition des barrières entre l'instrument dit de planification et les outils d'information à l'usager a valu le vocable de système d'information à intégration

cohérente (Chapleau, 1995) à ce système. Les informations et la structure des bases de données sont telles que les outils de planification et d'information sont confondus en un seul système intégré, servant d'une part comme base de données de gestion des opérations et d'autre part, comme base de dissémination des informations à l'ensemble des usagers. Le système ainsi conçu répond aux exigences de gestion opérationnelle et de coproduction de l'information essentielle à la planification interactive du système de transport.

### **3.2 Insertion technologique dans la planification des transports**

L'insertion de nouvelles technologies dans le processus de planification correspond au « *transfert d'expertise humaine à des procédures ordinées* » (Chapleau, 1987). Tel que précisé par Chapleau en 1995, « *les planificateurs et analystes peuvent se trouver déstabilisés et démunis devant les mutations technologiques observées tant du côté du matériel que des logiciels* ». Cette opération invite donc à un ajustement du rôle des intervenants.

L'adoption d'un outil de planification tel que MADITUC par une entreprise de transport collectif correspond à l'insertion d'un cerveau dirigeant les opérations et fournissant les informations souhaitées. L'insertion technologique de ce système dans un processus contribue donc positivement à l'amélioration de ce dernier. Selon Chapleau (1992),

*« les outils de planification, à condition de comporter une très haute qualité scientifique, peuvent par leur objectivité, contribuer à une dynamique interactive de prise de décision ».*

Chapleau (1992) souligne de plus que

*« les instruments de planification vont contribuer surtout à l'ambiance culturelle du milieu, polissant les rapports de force dans la légitimisation des prises de décision sur des actions désirables pour la société (rationalité collective) plutôt que des actions désirées (consentement obtenu par manipulation) ».*

Ces contributions positives de l'insertion technologique peuvent toutefois être hypothéquées par la « *représentation symbolique de grand pouvoir* » (Chapleau, 1996) associée aux modèles et instruments. Les diverses relations de pouvoir décrites à la section 2.4.1 peuvent résulter de la possession, par certains intervenants, de modèles et logiciels de planification. Dès 1987, Chapleau faisait une mise en garde en soulignant l'ampleur considérable associée à la valeur symbolique des instruments dans la hiérarchie de grand pouvoir. Quelques années plus tard, les modèles sont derechef mis au banc des accusés afin de dénoncer et limiter leur exploitation pour fins de légitimisation du rôle des professionnels en transport (Chapleau, 1992).

### **3.3 Approche de planification**

Le processus de planification selon une approche totalement désagrégée diffère de l'approche classique. De fait, l'approche classique de modélisation est soutenue par un objectif d'optimisation du système qui vise l'équilibre entre l'offre et la demande. Cette procédure oblige la caractérisation préalable d'une matrice soi-disant spatialisée des déplacements entre les centroïdes des zones, le territoire étant a priori agrégé en secteurs d'analyse. Aucune autre information ne contribue à la procédure d'affectation des déplacements sur le réseau. Tel qu'exposé par Chapleau (1994),

*« seuls les flots et les coûts sur les liens sont ainsi déterminés, l'information résultante ne s'avérant juste qu'à la condition que la totalité des données d'origine et des hypothèses de comportement soient valides ».*

Il est à noter que l'approche classique se base sur un système spatial de type cardinal qui infirme toute relation avec les éléments du territoire et les autres bases de données (Chapleau, 1992).

Le processus de planification selon une approche totalement désagrégée est tout autre et constitue un « *virage informationnel* » (Chapleau, 1994). En effet, les objectifs, données, problèmes et modèles avec lesquels le planificateur doit oeuvrer sont imprévisibles et doivent forcément être développés. Par conséquent, cette approche de planification adopte un caractère adaptatif, interactif, exploratoire et informationnel qui encadre la recherche et le développement des problèmes spécifiques, des objectifs de l'intervention, des modèles appropriés et des données nécessaires. Le processus s'avère donc efficace dans toute manifestation problématique du système de transport.

La figure 3.2 présente un schéma symbolisant la structure de l'approche renouvelée du système d'aide à l'analyse et à la planification des réseaux. Ce schéma illustre la philosophie de cette approche par le rejet de séquence linéaire, l'interaction - rétroaction des éléments de la démarche et les concepts de base à la source des interventions.

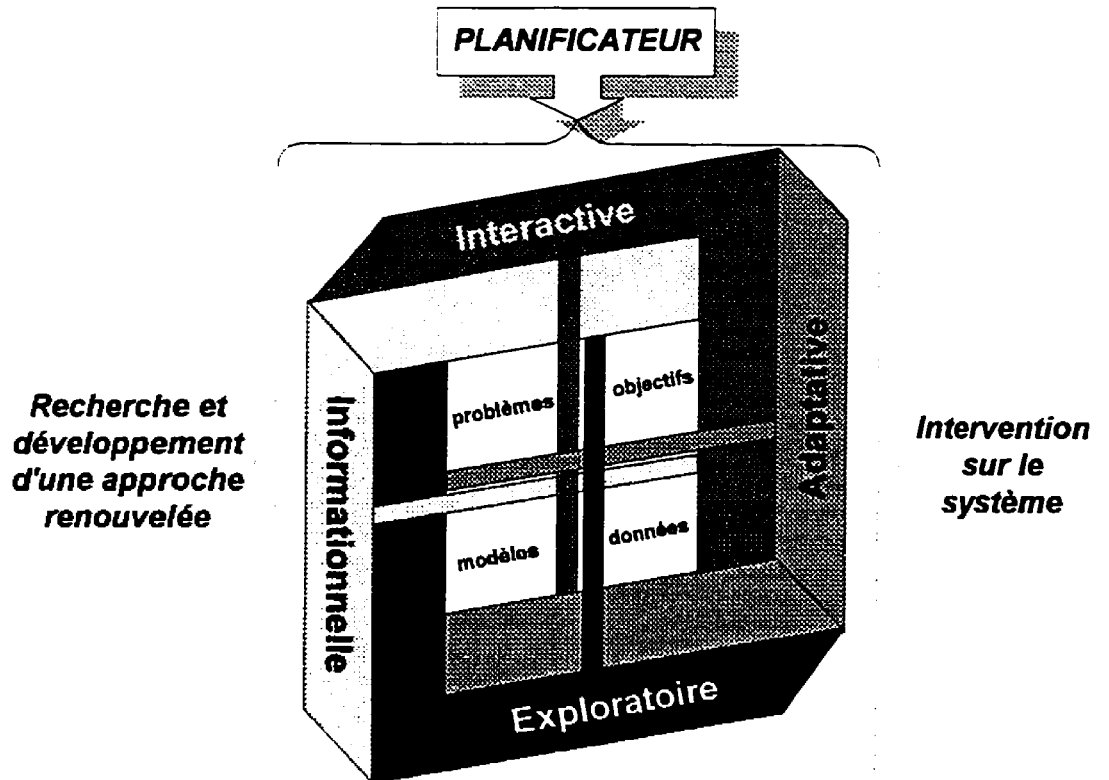


Figure 3.2 Approche de planification totalement désagrégée

### 3.4 Source d'informations

#### **3.4.1 Enquêtes origine-destination et traitement des données**

Tel que présenté à la section 2.3.2, les enquêtes origine-destination sont la source majeure d'informations sur les déplacements des individus dans la grande région de Montréal. L'approche totalement désagrégée aborde le traitement des données d'enquêtes distinctement de l'approche classique.

D'une part, l'approche classique de traitement des données d'enquête ménage constitue une exploitation superficielle du concept de base de données à caractère relationnel. Cette exploitation résulte en trois fichiers distincts et cloisonnés entre

lesquels il n'existe aucun lien relationnel. De plus, les analyses réalisées sont sommaires et traitent indépendamment les informations relatives aux ménages (composition, possession automobile, taux de déplacement) et aux personnes (catégorisation selon différents critères d'âge, de sexe, taux de déplacement, usage spécifique des différents modes de transport) (Chapleau, 1993). Les modèles traditionnels utilisent de plus une matrice origine-destination pour la représentation de la demande, dans laquelle toute caractéristique des individus et des ménages est absente.

D'autre part, le traitement des données selon une approche totalement désagrégée introduit une nouvelle conceptualisation des enquêtes origine-destination. Cette approche permet un traitement intégral de l'ensemble des fichiers issus de l'enquête et un traitement multidimensionnel des variables. La constitution de bases de données relationnelles contenant toutes les informations relatives aux déplacements de tous les individus sondés offre des possibilités d'analyse catégorielle. Il devient possible d'observer et comprendre les comportements de déplacements de différentes classes d'individus, scindées selon l'âge, le sexe, l'occupation ou tout autre facteur d'intérêt. La demande de transport est donc analysée à partir du concept d'itinéraire individuel de déplacement.

Tel que présenté à la figure 3.3, tout itinéraire de déplacement est traité individuellement et contient l'information complète du déplacement d'un usager (Chapleau, Allard et Le Beau, 1986):

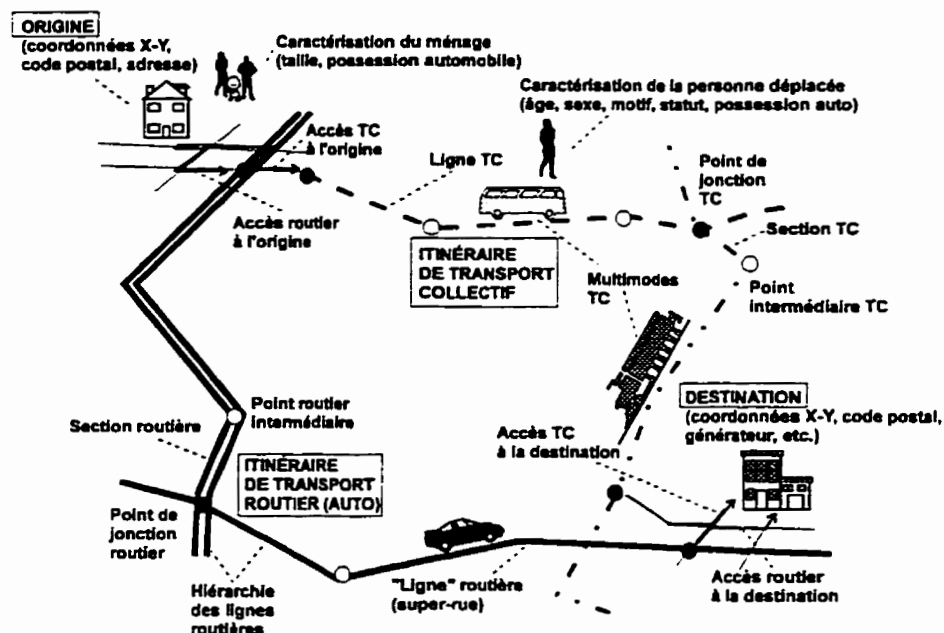


Figure 3.3 Itinéraire de déplacement (Groupe MADITUC)

### 3.4.2 Triptyque territoire - réseau - demande

L'approche totalement désagrégée du système MADITUC appréhende la situation du transport par le traitement de trois aspects (Chapleau, 1994): le territoire, le réseau et la demande.

#### LE TERRITOIRE

Dans l'approche totalement désagrégée, les points caractérisant un déplacement individuel (origine, destination, autre) peuvent et sont le plus souvent caractérisés par une référence spatiale très fine correspondant aux coordonnées  $x$  et  $y$  du système UTM (Universal Transverse de Mercator).

En pratique, dans le cas de Montréal, la référence spatiale qui sert de base à la codification est le code postal (Chapleau et Allard, 1988). Un fichier de statistiques



Canada, qui fait le lien entre les côtés d'îlot et les codes postaux facilite la correspondance entre les lieux réels et le territoire codifié. Les coordonnées x et y sont ensuite dérivés de cette information. Ce niveau de précision s'avère particulièrement important pour modéliser l'accès par la marche au réseau de transport collectif.

Le système de référence géographique de l'approche totalement désagrégée facilite l'intégration d'autres bases de données. En effet, la caractérisation spatiale des points géographiques à partir du code postal et des coordonnées permet l'agrégation des informations d'enquêtes origine-destination selon tout type de zones ou entités territoriales ayant une existence géopolitique réelle. L'adéquation des zones utilisées dans une étude externe avec celles des enquêtes O-D est donc toujours possible et est réalisée à l'aide de dictionnaires d'équivalences construits selon les besoins. Selon Chapleau (1995),

*« de 200 à 500 nouvelles variables à caractère démographique et socio-économique peuvent alors être convenablement couplées spatialement par le biais du code postal au ménage enquêté ».*

Les recensements constituent une source de données externes très exploitées pour la compréhension de l'influence des facteurs socio-économiques et démographiques sur les déplacements. Statistiques Canada procède à des recensements tous les cinq ans et compile des statistiques pour une grande variété d'unités géostatistiques (Blanc et Chapleau, 1988).

Il appert ainsi que plusieurs perspectives territoriales peuvent être empruntées lors d'une étude de transport urbain, selon les besoins (Chapleau, 1990). Outre les coordonnées x et y, différents types d'agréations territoriales sont utiles pour effectuer

des analyses dont les perspectives territoriales impliquent d'autres bases de données ou relèvent de structures administratives et politiques (Chapleau, 1990), notamment:

- La zone fine : petite entité géographique devant correspondre à une fonction homogène d'activité. Ce type de zone est opportun à la représentation thématique des résultats de niveau de service qui facilitent l'appréciation de l'accessibilité moyenne d'un territoire aux services de transport.
- Le secteur de recensement : entité de base pour l'intégration des données socio-démographiques permettant la validation et la pondération des données de transport.
- La municipalité : normalement formée de plusieurs zones fines, elle permet une appréciation politique de la consommation des services de transport ainsi que diverses analyses géopolitiques.
- La sous-région : entité significative au niveau géopolitique qui facilite la segmentation grossière des territoires de desserte des différents organismes offrant du transport collectif sur un territoire.

Il semble de plus que ces niveaux d'agrégation soient un outil privilégié de dissémination d'informations relatives aux comportements de transport d'une région.

Outre les divisions territoriales utilisées pour des fins d'analyse et de distinction géopolitique, les limites physiques comme par exemple les plans d'eau, les boisés et les montagnes font partie intégrante des éléments du territoire.

### LE RÉSEAU

Le réseau de transport collectif est caractérisé en termes de niveau de service et de géométrie des lignes pour tous les modes de transport. Ainsi, les arrêts et lignes sont codifiés (référence spatiale) puis, un niveau de service leur est associé (intervalle de service, vitesse). La planification et l'analyse des systèmes de transport collectif oblige la définition détaillée des éléments reliés au réseau de transport.

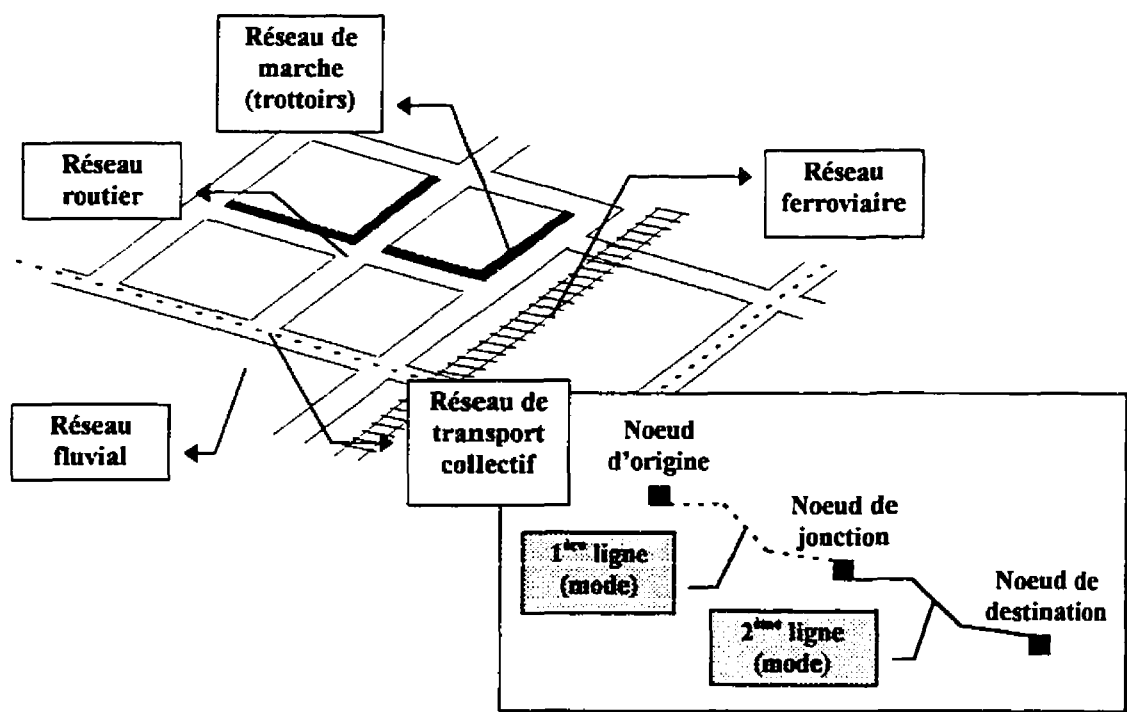


Figure 3.4 Éléments du réseau

Tel que souligné par Chapleau (1995), les problématiques obligent

*« une définition fine des réseaux de transport, tant dans leur aspect géométrique que du niveau de service, précisant les réseaux (autorités de transport), les modes (métro, train, surface) et les lignes définies ».*

Anciennement identifié par les composantes noeuds et lignes, le réseau est davantage précisé par la mise en valeur des objets réels. Les noeuds constituent des outils de codification tandis que les arrêts représentent les points géographiques précis à partir desquels les usagers peuvent accéder ou quitter une ligne de transport collectif. La figure 3.4 présente les éléments principaux du réseau.

### LA DEMANDE

La demande spatio-temporelle de transport, établie à partir des enquêtes origine-destination, est identifiée à partir de paramètres sociaux, économiques et fonctionnels (mode, heure de déplacement, zone de résidence, caractéristiques de l'individu et du ménage, etc.). La figure 3.5 illustre les éléments principaux de la demande de transport.

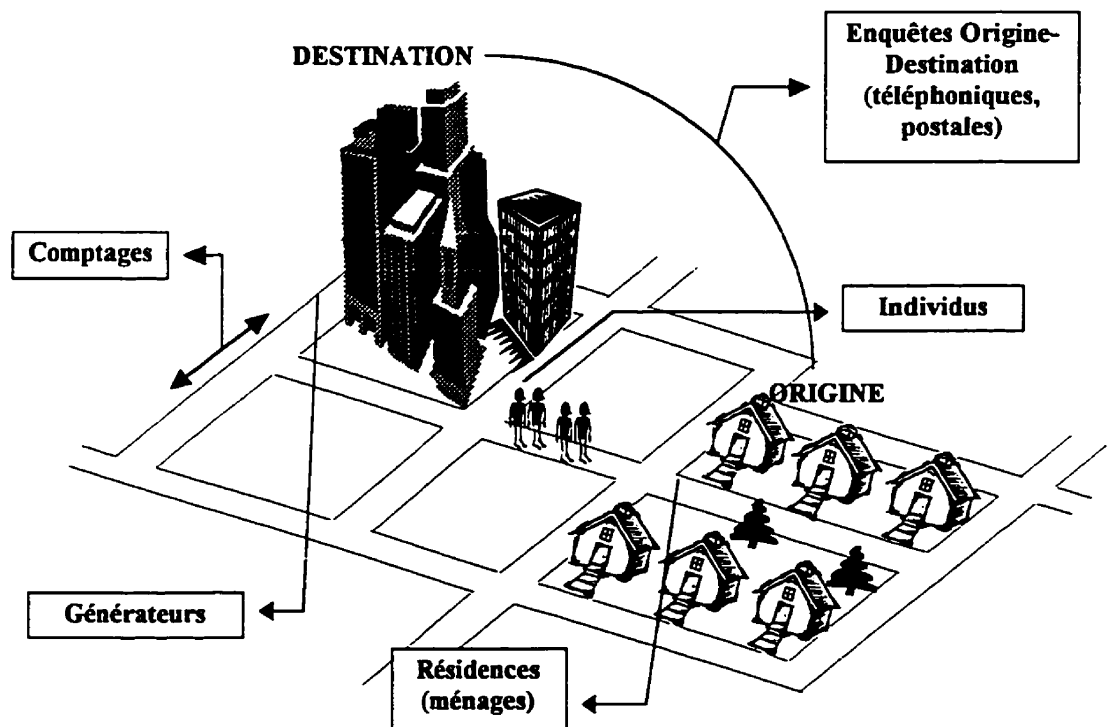


Figure 3.5 Éléments de la demande de transport

### SYSTÈME INFORMATIONNEL

La spatialisation des données relatives au réseau et à la demande de transport collectif, requise pour les études sur les transports urbains, implique la disponibilité a priori d'une plate-forme territoriale. Par opposition aux méthodes classiques qui impliquent un découpage territorial subjectif obligeant la création d'un système artificiel de référence, l'approche totalement désagrégée favorise l'élaboration d'un système informationnel de référence pour fins d'analyse et de planification (SIRFAP). Un tel système suppose la considération de huit dimensions contextuelles (Chapleau, 1992):

- Un **système de coordonnées géographiques**, normalement cartésien, pour référencer toutes les entités comportant une localisation relative ; le système UTM (projection universelle transverse de Mercator) est généralement adopté.
- Un **littoral**, à savoir les limites géographiques (frontières physiques, cours d'eau, etc.) d'un territoire d'analyse de transport urbain.
- Une **codification du plan de rues**, comprenant à la fois la localisation spatiale des voies de circulation et la description de leurs caractéristiques opérationnelles sommaires.
- Un **fond de carte** qui est généré par la conversion synthétique du squelette de rues en une surface territoriale correspondante.
- Un **ajout d'attributs cartographiques**, constitué d'une référence alphanumérique pour les voies de circulation ainsi que d'un code de couleur reflétant la typologie des rues.

- Une **codification des aires désignées**, sites étant reconnus par les usagers des systèmes de transport comme extrémités de déplacement et qui constituent les générateurs / attracteurs de déplacements.
- Une **définition des découpages territoriaux**, à savoir les divers systèmes de zones / secteurs / régions dont la définition peut être pertinente selon que les préoccupations sont socio-économiques, démographiques, géopolitiques ou de tout autre ordre.
- Une **dérivation des réseaux analytiques** de transport afin de pouvoir y appliquer les modèles d'affectation de transport collectif.

### 3.4.3 Structure des bases de données

Les informations de déplacements issues des enquêtes origine-destination sont constituées en bases de données relationnelles.

Le traitement des informations des enquêtes origine-destination selon une approche totalement désagrégée implique la structure de bases de données relationnelles dont le fichier d'enquête et le fichier d'itinéraire.

D'une part, le fichier d'enquête contient les informations brutes fournies par les individus enquêtés. Ce fichier contient par conséquent l'ensemble des déplacements effectués par les individus sondés (chaque enregistrement est numéroté) ainsi que les caractéristiques inhérentes au déplacement lui-même, à l'individu réalisant le déplacement ainsi qu'au ménage auquel appartient l'individu.

D'autre part, le fichier d'itinéraires est créé suite à la validation des informations brutes et contient les informations relatives à tous les déplacements (zones et coordonnées x,

y de l'origine et de la destination), les lignes et noeuds de l'itinéraire, les temps d'accès, d'attente et de déplacement ainsi que le numéro d'enregistrement correspondant au déplacement.

L'interaction entre ces deux bases de données est possible par le biais du numéro d'enregistrement. Il s'avère donc aisé de réaliser des analyses à partir du fichier d'itinéraires puis de retracer les caractéristiques de l'individu ou du ménage correspondant dans le fichier d'enquête et vice-versa.

#### **3.4.4 Itinéraire décrit et simulé**

Il convient de plus de distinguer l'itinéraire décrit de l'itinéraire simulé, deux concepts qui ont chacun une utilité distincte. D'une part, l'itinéraire décrit consiste en un itinéraire complet reconstitué à partir de la réponse émise par l'individu lors de l'enquête. Ces itinéraires sont le reflet des déplacements réels effectués par les individus et permettent d'établir la situation de référence. D'autre part, l'itinéraire simulé est essentiellement un itinéraire obtenu par l'emploi d'un algorithme du plus court chemin, étant donné une certaine fonction d'impédance qui fait intervenir les temps de marche, d'attente et de transport ainsi que des pénalités relatives aux correspondances (Chapleau et De Cea, 1982). C'est ce type d'itinéraire qui résulte des diverses simulations effectuées afin d'évaluer les impacts d'une intervention sur les déplacements. La figure 3.6 présente la distinction entre un itinéraire de déplacements décrit et simulé (Chapleau, Allard et Le Beau, 1986).

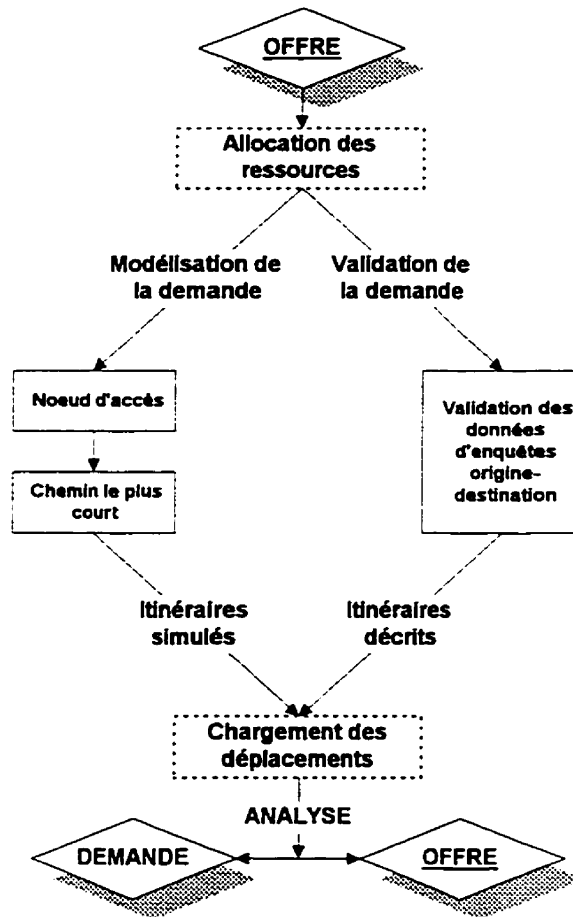


Figure 3.6 Itinéraires décrit et simulé

### 3.4.5 Expansion des données d'enquêtes origine-destination

*"En faisant intervenir un processus d'expansion, il est possible d'utiliser les données d'enquêtes recueillies auprès d'un échantillon de ménages afin de produire une image de la situation globale d'un sous-ensemble complet de la population ou de ses déplacements." (Blanc et Chapleau, 1988).*

L'expansion des données d'enquêtes se base sur l'attribution d'un poids à chaque enregistrement issu du fichier d'enquête, qui contribue à projeter les comportements



des individus de l'échantillon à l'ensemble des individus de la population du territoire à l'étude.

Le calcul des facteurs d'expansion s'appuie sur la comparaison des données d'enquêtes avec d'autres sources d'informations à savoir les recensements. L'inégalité de l'échantillonnage dans les municipalités rejointes par l'enquête peut être aplanie par l'établissement de facteurs d'expansion propres à chacune de ces municipalités. De plus, les facteurs peuvent être évalués sur différentes bases d'expansion (individus, ménages, etc.). Le choix du facteur d'expansion dépend du type de secteur et de la représentativité de l'échantillon dans chacun des secteurs. Ainsi, une expansion basée sur la population conviendra mieux lorsque les variables compilées à partir des données d'enquêtes concerneront la personne tandis que dans d'autres cas, un facteur d'expansion basé sur le nombre de ménages pourra s'adapter davantage.

Peu importe la base choisie, le facteur d'expansion de chaque secteur correspond à la proportion du nombre total d'éléments du secteur (individus, ménages, autres) sur le nombre d'éléments rejoints par l'enquête dans le secteur.

#### **3.4.6 Autres types de données**

Dans le cas d'une ligne de transport collectif, trois types d'informations peuvent s'avérer disponibles. Outre les enquêtes origine-destination, les comptes-à-bord des véhicules (enquêtes montées - descentes) et les comptes ponctuels aux points de charges moyennes maximales constituent des sources d'informations en transport.

Sans présenter une explication détaillée de l'exploitation qui peut être faite de ces données, il semble important de mentionner que ces types d'informations fournissent

des informations relatives à la demande qui peuvent être enrichies par un traitement totalement désagrégé (Chapleau, Bergeron, 1991). La mesure des montants et descendants s'effectue en tout point d'une ligne, par un observateur interne tandis que la mesure de la charge maximale (compte ponctuel) est réalisée par un observateur externe. Ces informations peuvent par la suite être représentées sous forme de matrice et l'estimation d'un profil de charge directionnel est possible à l'aide de divers modèles (proportionnel, gravitaire, Hitchcock, à facteur de croissance) (Chapleau, Bergeron, 1991).

## **4. PRÉOCCUPATIONS ET FONCTIONNALITÉS**

Les diverses potentialités de l'approche totalement désagrégée sont mises en application afin de répondre aux préoccupations des entreprises de transport collectif et de développer le meilleur compromis bénéfices usagers / coûts de l'exploitant. Les préoccupations des entreprises de transport collectif ont beaucoup évolué au cours des dernières années. Disposant d'informations privilégiées provenant d'enquêtes régionales et d'outils de planification renouvelés, ces entreprises ont la possibilité d'analyser des problématiques complexes et d'obtenir des informations significatives.

Cette section présente les concepts clefs ainsi que les principaux usages de l'approche totalement désagrégée par le biais d'analyses types qui ont été réalisées dans les dernières années. Celles-ci s'appuient principalement sur le traitement des données d'enquêtes origine-destination réalisées dans la grande région de Montréal.

La figure 4.1 présente les préoccupations stratégiques des entreprises de transport collectif ainsi que les fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée.

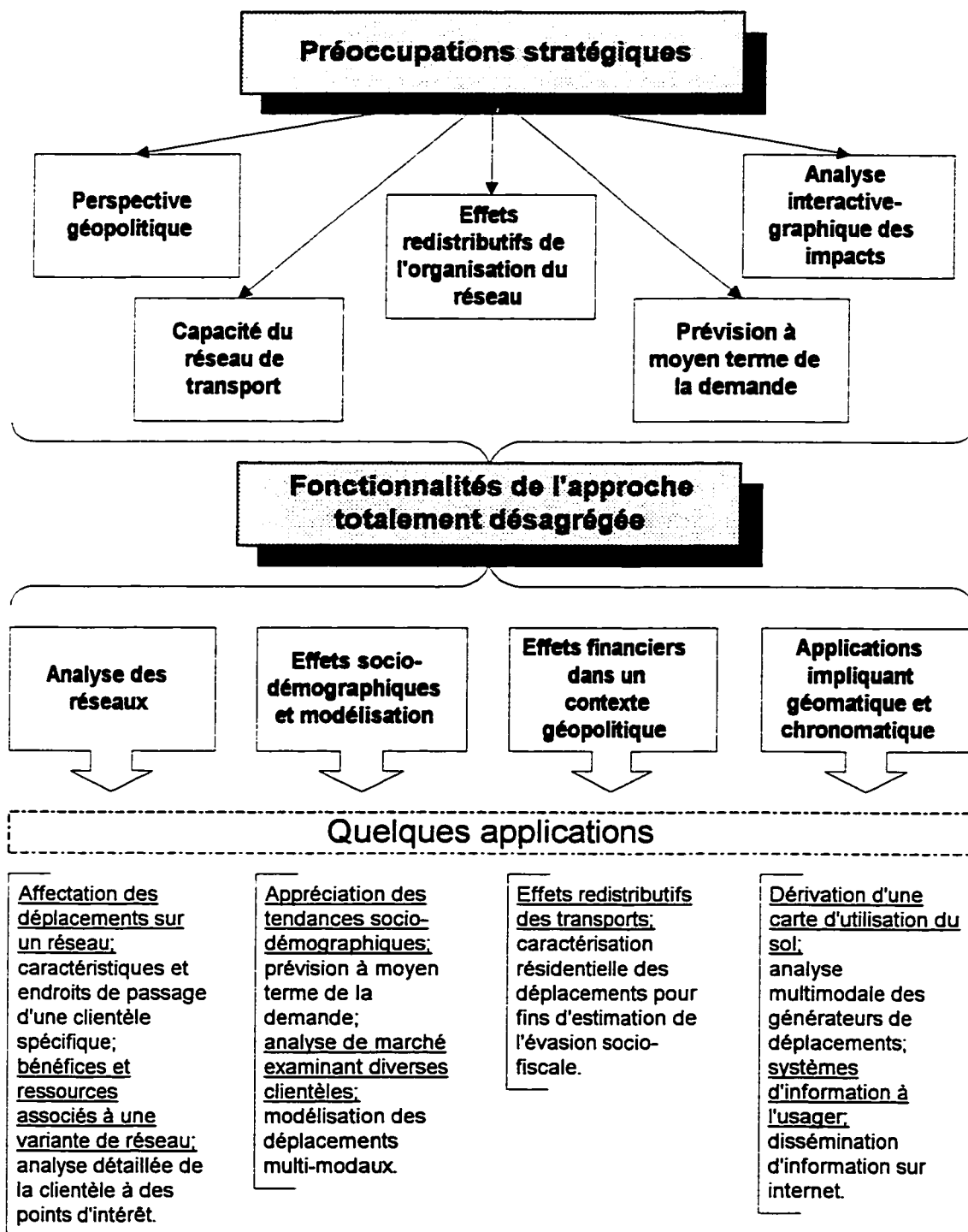


Figure 4.1 Préoccupations stratégiques et fonctionnalités

#### **4.1 Préoccupations stratégiques**

La gestion, l'opération et la planification d'un système de transport collectif s'avèrent complexes. Le planificateur en charge d'un tel système est aux prises avec des préoccupations particulières dû au caractère public, géographique, politique et économique des transports.

##### **4.1.1 Perspective géopolitique**

Le professionnel responsable de la planification d'un système de transport collectif doit disposer d'information structurée quant à l'aspect géopolitique du système. Cette notion réfère à un « *système élaboré d'agrégation spatiale des résultats d'offre ou de demande de transport* » (Chapleau, 1994). Ces informations, disponibles sous différents types d'agrégation du territoire (municipalités, zones fines, autres), permettent de qualifier la desserte de transport collectif en termes de niveau de service et d'accessibilité des divers modes et de caractériser la demande. Les observations comparatives entre différentes agrégations territoriales permettent aussi d'apprécier l'accessibilité globale et sectorielle au réseau et de vérifier l'adéquation entre l'offre et la demande pour les différents secteurs analysés. Outre la connaissance du nombre d'utilisateurs du réseau, il s'avère pertinent pour le planificateur de connaître leur répartition sur le territoire ainsi que les impacts de l'offre de service sur leurs comportements.

##### **4.1.2 Capacité du réseau de transport**

L'examen de la capacité du réseau de transport, tant dans sa dimension d'accessibilité à la clientèle que dans sa charge, demeure encore aux seins des préoccupations des

entreprises de transport collectif. Bien que celle-ci soit depuis longtemps une préoccupation principale, il demeure que les réponses attendues ont progressé. Au delà de la connaissance des charges obtenues par simulation, le planificateur requiert la disponibilité d'outils permettant l'évaluation du niveau d'équité du réseau de transport en termes d'accessibilité et ce pour différents groupes de la collectivité, scindée selon divers paramètres sociaux.

Les préoccupations s'établissent aussi en termes de planification opérationnelle du réseau. À cet effet, l'allocation des ressources pour divers niveaux de service ou variantes de réseau se révèle essentielle.

#### **4.1.3 Effets redistributifs de l'organisation du réseau**

Plusieurs études récentes traitent des effets redistributifs des réseaux de transport. La structure et l'offre de service des réseaux de transport provoque indubitablement des iniquités sur le territoire. En réalité, les individus d'un territoire bénéficient tous différemment des services publics, en fonction, par exemple, de leur lieu de résidence, de leur destination, de l'heure de leur déplacement, de leur statut et de leur âge. De plus, pour un même tarif, certains usagers effectuent une plus grande distance, ont des temps d'attente moindres, n'ont pas à effectuer de correspondance ou ont accès à plusieurs modes (train, métro, autobus). Il appert donc que les bénéfices reçus par les individus d'une collectivité soient différents.

En plus des usagers des services de transport collectif, d'autres individus ou entités bénéficient directement ou indirectement des services de transport collectif. En réalité, les automobilistes profitent de la diminution du nombre de voitures sur les voies de circulation car d'autres individus optent pour le transport collectif et certaines

entreprises ou institutions profitent d'un accès facile à leur localisation via le transport collectif.

Il apparaît maintenant important, vu la conjoncture économique actuelle, de connaître précisément les bénéficiaires directs et indirects des services de transport, ainsi que la valeur des bénéfices qu'ils en retirent.

#### **4.1.4 Prévision à moyen terme de la demande**

Il ne fait aucun doute que les besoins au niveau de la prévision de la demande sont urgents. Tel que souligné par Chapleau, Lavigueur et Lemay (1994) :

*« de plus en plus, les gestionnaires ainsi que les différents intervenants dans la planification des transports urbains, exigent une bonne connaissance des trafics actuels, mais aussi des prévisions de mobilité qui soient cohérentes avec les tendances socio-démographiques, sinon économiques. »*

Il semble illusoire de prétendre prévoir la demande de transport alors que les exercices de planification en sont plutôt de projection des comportements actuels. Toutefois, il demeure que différents facteurs influencent la demande de transport et que les études permettent de tester l'impact de certaines hypothèses d'évolution de ces facteurs sur l'évolution de la demande à un horizon donné.

#### **4.1.5 Analyse interactive-graphique des impacts**

Les représentations interactives graphiques s'avèrent des instruments d'analyse, de compréhension et de pédagogie puissants. Celles-ci permettent d'observer et de représenter clairement des comportements. Par conséquent, les différentes préoccupations des planificateurs convergent vers le souhait de disposer d'instruments

d'analyse et de représentation clairs et précis, qui facilitent la démonstration des comportements et des impacts directs (zones territoriales touchées, classes de la population concernée, équité, etc.) de diverses variantes de projets.

## **4.2 Fonctionnalités et applications**

La tâche de choisir un instrument de planification qui comblera les attentes dérivées de ces préoccupations revient au planificateur. Plutôt que d'envisager le processus de choix comme étant limitatif et résultant d'un problème, il convient maintenant de réorienter sa philosophie et d'établir a priori ce qui a à être analysé et traité par l'instrument de planification avant d'accepter sans réserve les limites de la profession. Il s'avère en effet que certains modèles populaires imposent des limites quant aux capacités d'analyse alors que d'autres constitués en système d'information ont la faculté de s'adapter aux diverses problématiques.

Les préoccupations stratégiques énoncées par les planificateurs impliquent la mise en pratique de divers processus qui encadrent l'exercice de la planification. L'approche totalement désagrégée appliquée par le système MADITUC est structurée autour de bases de données relationnelles qui, « *à partir d'un savoir dérivé de relations connues a priori* », sont modifiées et enrichies par diverses opérations (Chapleau, 1992).

### **4.2.1 Infographie interactive**

Le processeur d'infographie interactive offre les fonctions requises pour la réalisation des activités d'entrée, de saisie et de vérification des données et encadre les diverses analyses et observations réalisées selon une approche totalement désagrégée.



### DIGITALISATION ET CODIFICATION

La codification des réseaux de transport et des entités territoriales

*« consiste à lier l'information alpha-numérique représentant les localisations des déplacements des personnes enquêtées à une référence spatiale utilisable par des modèles mathématiques » (Chapleau et Allard, 1988).*

Grossièrement, la codification permet de localiser spatialement l'information relative au déplacement d'un individu (lieu de résidence, destination). Puisque la réponse émise par l'individu interrogé peut varier en précision et en type d'identification spatiale, l'opération de codification doit être secondée par diverses bases de données géomatiques sur les aires désignées, les adresses, les intersections, les générateurs de déplacements, les codes postaux et les municipalités. Ces dictionnaires sont utilisés pour assister la codification des origines, jonctions et destinations déclarées et permettent d'associer une référence spatiale fine (coordonnées x et y) à chaque localisation.

### CALIBRATION DES MODÈLES

La calibration des modèles consiste à ajuster la valeur des paramètres significatifs afin de représenter adéquatement une situation de référence. Dans le cas des études de transport basées sur une approche totalement désagrégée, l'opération de calibrage s'appuie sur les données d'enquêtes origine-destination qui sont le reflet d'une situation réelle (déplacements décrits). Suite à la calibration, il devient possible de simuler divers comportements de déplacements, sur une base totalement désagrégée.

### SUIVI DES CLIENTÈLES

L'appréciation détaillée des impacts d'une modification d'infrastructure ou d'offre de transport implique la disponibilité d'informations particulières inhérentes aux différentes clientèles affectées. Le processeur d'infographie interactive permet de simuler diverses variantes de réseau et d'apprécier l'influence de celles-ci sur la demande. La compréhension des conséquences d'une modification de réseau est améliorée par une analyse sectorielle de la demande.

### VISUALISATION DES ANALYSES

Les analyses réalisées selon l'approche totalement désagrégée peuvent être visualisées dans un environnement graphique spatialisé dans lequel interviennent des distinctions et des mises en évidence basées sur les couleurs, les formes et les informations écrites.

Le système MADITUC comporte une interface graphique de type Autocad (MADCADD) qui facilite la codification du réseau et la représentation spatiale de différentes observations. Cette plate-forme graphique, basée sur un système de couches, permet la représentation de plusieurs variables (et observations) sur une même image.

#### **4.2.2 Modèles pour l'analyse des réseaux de transport**

*« Le premier caractère important de l'approche totalement désagrégée consiste à renverser la relation données-modèle, où, anciennement, il était question de produire des résultats selon la séquence matrice origine-destination / simulation / charge du réseau » (Chapleau, 1995).*

En effet, l'approche totalement désagrégée consiste plutôt à concevoir divers opérateurs qui ont pour finalité première d'enrichir la base de données. Par conséquent, le fichier de déplacements est soumis à diverses procédures qui affectent et enrichissent son contenu selon les besoins.

La figure 4.2, présente « la structure de modélisation du déplacement (selon l'approche totalement désagrégée) ainsi que l'articulation des divers processeurs qui contribuent à l'enrichissement du système informationnel » (Chapleau, 1994).

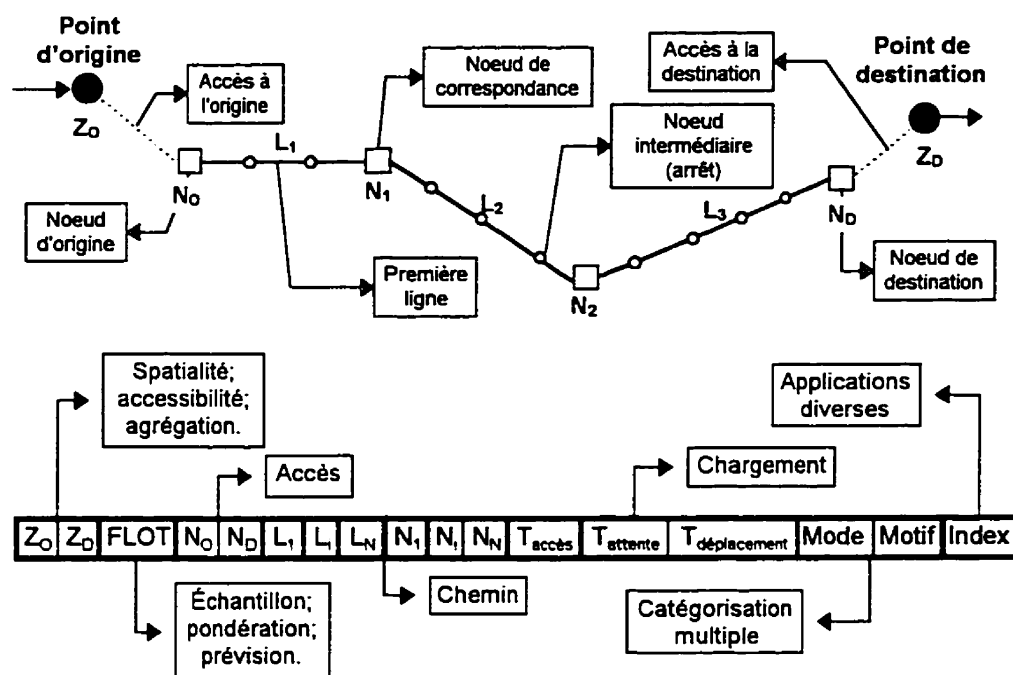


Figure 4.2 Chaîne logistique - approche de modélisation désagrégée, figure adaptée de Chapleau, 1994

#### VALIDATION INTERACTIVE DES DONNÉES

L'utilisation des données issues des enquêtes ménages régionales oblige l'intégration d'une étape de validation dans le processus. En effet, les données brutes doivent d'abord subir une vérification afin d'établir leur vraisemblance au niveau de la

spatialisation et de s'assurer que les déplacements décrits par les individus sondés sont connexes. Lorsqu'un déplacement s'avère impossible (orthographe, erreur de saisie) ou que les caractéristiques du ménage ou de l'individu sont incompatibles avec le déplacement (individu de 4 ans réalisant un déplacement en voiture comme conducteur par exemple), des corrections (automatiques et manuelles) sont apportées. Des bases de données géomatiques (dictionnaires d'arrêts, de stations, d'adresses, d'intersections, de générateurs, etc.) sont utilisées afin de valider les renseignements inhérents à l'itinéraire de déplacement.

L'étape de validation permet donc de produire des itinéraires de déplacements décrits (observés) à partir des informations recueillies lors des enquêtes origine-destination et de traduire l'information déclarée en donnée structurée compatible en vue d'un traitement éventuel (Chapleau, 1995).

#### DÉTERMINATION DES POINTS D'ACCÈS

La procédure de détermination du noeud d'accès est la première étape de l'analyse de la demande et initie les itinéraires de déplacements.

Il a été observé que l'accès au réseau constitue une source majeure d'erreurs dans l'affectation des déplacements lorsque celui-ci est effectué à partir d'un territoire agrégé. Dans un tel cas, tous les déplacements originant d'une même zone sont chargés sur le réseau à partir d'un seul noeud d'accès ce qui provoque la surutilisation de certains liens aux dépens des autres liens. Le choix de l'accès s'avère donc une phase critique pour l'affectation des déplacements car la manipulation soignée de celui-ci peut produire des résultats très variables.

Dans le cas d'une analyse basée sur aucun découpage territorial a priori, il devient possible de fixer, pour chaque déplacement, le noeud d'accès qui reflète le mieux la réalité. La procédure d'accès fixe donc le noeud d'accès au réseau de transport collectif à partir des centroïdes de zones et des coordonnées x et y des déplacements origine-destination. Pour le cas d'un accès à pied, cette procédure fixe l'arrêt à partir duquel l'usager a entrepris ou terminé son déplacement sur le réseau de transport (situé le plus près du point de départ). La distance entre le point d'origine ou de destination et le noeud d'accès au réseau est mesurée à vol d'oiseaux. Cette façon de procéder mérite toutefois d'être modifiée et un système de barrières peut être utilisé afin de tenir compte du réseau de trottoirs pour les accès à pied. La distance mesurée de cette façon correspond ainsi à une distance réelle, améliorant par conséquent la précision des itinéraires.

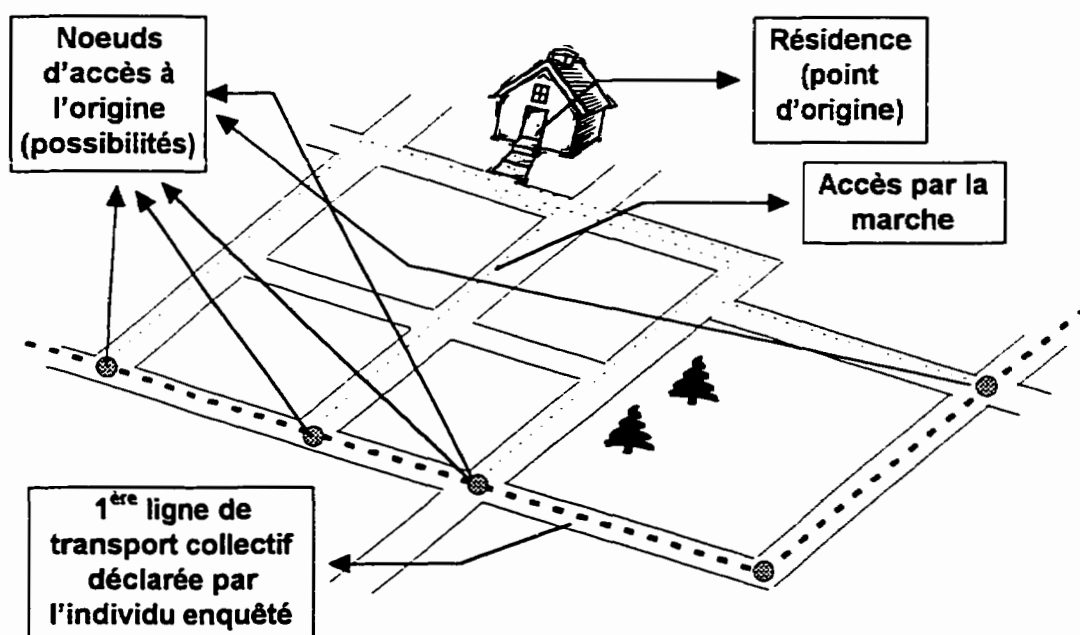


Figure 4.3 Détermination du noeud d'accès à l'origine à partir des informations déclarées

La figure 4.3 illustre les éléments principaux qui permettent l'assignation du noeud d'accès à l'origine à partir d'un point de résidence, pour le cas d'un individu qui accède à une ligne d'autobus par la marche.

#### CALCUL DU CHEMIN LE PLUS COURT ENTRE DEUX POINTS

La détermination du chemin qui sera emprunté par un individu pour se rendre d'un point à un autre (noeud d'accès à l'origine au noeud d'accès à la destination) sur le réseau de transport collectif est une seconde étape qui permet de fixer les itinéraires de déplacements individuels. Cette procédure calcule un arbre de chemins à temps minimum à partir d'une

*«fonction d'impédance prenant en compte tarifs, pénalités, attente, marche, modes et autorités de transport; incidemment, cette fonction d'impédance peut être adaptée selon toute variable ou combinaison de variables » (Chapleau, 1995).*

Les coefficients de la fonction d'impédance sont fixés pour un cas donné, suite à l'opération de calibrage. La fonction d'impédance est calibrée lorsqu'elle représente le mieux les itinéraires décrits à savoir la situation de référence (Chapleau et De Cea, 1983). Cette fonction d'impédance permet une modélisation représentative des comportements des usagers en termes de choix modal et de sélection d'un itinéraire de déplacement. La figure 4.4 présente les éléments de la procédure de détermination du chemin entre une origine et une destination.

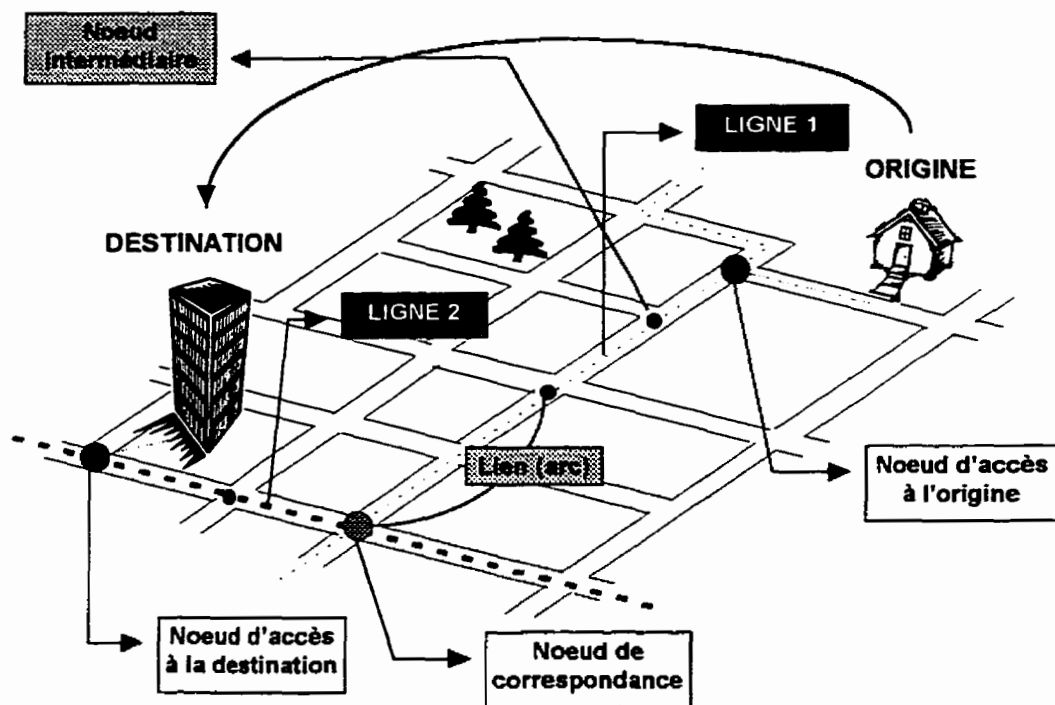


Figure 4.4 Procédure de cheminement : détermination de l'itinéraire de déplacement décrit d'un individu particulier

#### CHARGEMENT DU RÉSEAU

La procédure de chargement permet d'affecter les itinéraires décrits ou simulés sur le réseau de transport collectif, de déterminer le flot de passagers sur l'ensemble des liens du réseau et par conséquent, l'utilisation de chaque ligne de transport collectif. Le caractère adaptatif et interactif de l'approche totalement désagrégée se révèle par la possibilité de réaffecter les flots a posteriori (Chapleau, 1995). Ainsi, il devient possible de modifier l'affectation initiale des déplacements sur le réseau, suite à l'analyse des données en fonction de divers paramètres (comportements différents selon le sexe, l'âge, le lieu de résidence). Plusieurs statistiques d'affectation ainsi que plusieurs statistiques globales sont disponibles suite au chargement sur le réseau. Outre les flots sur les liens, les temps d'accès, d'attente et de voyage, le nombre de

sections empruntées ainsi que la demande totale sont des informations issues de cette opération.

### SÉLECTION ET EXTRACTION DES DÉPLACEMENTS

L'analyse des déplacements individuels selon l'approche totalement désagrégée permet l'extraction de données particulières du fichier d'enquête à partir de différents critères. Cette procédure de sélection et d'extraction des données autorise la réalisation d'analyses catégorielles de la clientèle. Il est possible, par exemple, d'extraire les déplacements effectués en train (unimodal et multimodal), les déplacements motif travail, les déplacements effectués par les 25-30 ans, les déplacements faits par des femmes ou les déplacements à destination d'un générateur particulier. De plus, la structure des bases de données permet l'exécution de requêtes contenant plusieurs critères de sélection simultanément. L'analyse des comportements d'une clientèle cible s'avère donc aisée. À titre d'exemple, il est possible d'étudier les comportements de déplacements des hommes âgés entre 35 et 40 ans qui effectuent un déplacement motif travail en pointe du matin par l'extraction de tous les déplacements répondant à l'ensemble de ces critères.

### APPLICATIONS

Les facilités relatives à l'analyse du réseau sont typiquement employées pour réaliser l'affectation des déplacements sur un réseau de transport collectif, pour évaluer les bénéfices et les ressources associés à une variante de réseau, pour examiner les caractéristiques et les endroits de passage d'une clientèle spécifique, pour faire l'analyse détaillée de la clientèle à des points d'intérêt ou encore pour effectuer l'étude



de la coordination des services et de l'intégration tarifaire. Les questions relatives à l'allocation des garages peuvent aussi être traitées.

### **Allocation des ressources**

L'allocation des ressources consiste à effectuer un traitement des données relatives à l'offre de service, sans considération de la demande. Le système MADITUC comporte un module permettant d'effectuer l'allocation des ressources pour un réseau particulier, en se basant sur les informations relatives à la géométrie (spatialisation des noeuds et lignes) et au niveau de service de celui-ci (intervalle de service, vitesse, capacité), informations résultant de la codification du réseau. L'exécution de cette procédure pour un niveau de service donné, permet d'établir diverses statistiques d'opération, utiles afin de dresser le portrait des caractéristiques de fonctionnement du réseau pour divers niveaux et périodes de service. En effet, pour chaque ligne de transport collectif, les indicateurs suivants sont évalués : durée d'un aller-retour, fréquence, nombre de véhicules requis, délai par voyage (temps d'attente d'un véhicule en fin de voyage avant d'entreprendre un autre voyage), pourcentage de recouvrement (mesure du temps improductif), nombre de voyages, véhicules-kilomètres, véhicules-heures, nombre de voyages avec délai et délai total par jour. Outre des statistiques particulières à chaque ligne, l'exécution de cette procédure fixe aussi diverses statistiques d'opération pour l'ensemble du réseau et pour les diverses municipalités (ou autres divisions territoriales) desservies par le réseau. Ces dernières donnent un aperçu de la desserte globale du réseau et du niveau d'équité du réseau en termes de services offerts dans chaque municipalité.

Ces statistiques découlent d'une analyse de réseau en régime permanent. L'approche par régime dynamique autorise le suivi de tous les véhicules injectés sur le réseau (appréciation quart d'heure par quart d'heure). Les statistiques inhérentes à la flotte de véhicules permettent ainsi d'apprécier le rôle précis de chaque véhicule nécessaire à la desserte du service.

### **Affectation des déplacements sur un réseau de transport collectif**

Tel que souligné par Chapleau et De Cea (1983) « *c'est surtout le phénomène de l'accès (problème d'agrégation du territoire) qui est la principale source d'erreur d'un modèle d'affectation* ». L'approche totalement désagrégée procède par conséquent au calcul de chemin et à l'affectation des déplacements à partir des noeuds d'accès qui sont déterminés tel que décrit précédemment.

L'approche totalement désagrégée permet de réaliser l'affectation des déplacements sur un réseau de transport collectif, et ce pour toute période donnée (pointe du matin, 24 heures, autres). Vu l'importance, dans le processus d'analyse, de réaliser l'affectation des déplacements sur un réseau, le système MADITUC contient un module qui effectue cette tâche. À partir de la définition du réseau (noeuds et lignes) et du fichier d'itinéraires (décrits ou simulés), le chargement pour une période donnée est effectué et peut être représenté graphiquement (profil de charge). Différentes statistiques d'assignation des passagers sont de plus disponibles tels les temps moyens d'accès, d'attente et de voyage, le nombre moyen de sections empruntées (correspondances), le nombre d'usagers du métro, le nombre de correspondances métro-métro et les entrants et sortants aux différentes stations de métro (ces paramètres sont d'ailleurs les variables de la fonction d'impédance). Des informations

relatives à la distribution des temps et des distances de déplacement, des séquences d'utilisation des modes de transport ainsi que différentes statistiques globales à savoir le nombre de passagers-minutes, véhicules-heures, passagers-kilomètres, véhicules-kilomètres et le facteur d'utilisation sont de plus disponibles. Tel que précisé par Chapleau (1990), « *ces données peuvent servir de base pour imputer des coûts à la consommation respective - exprimée en passagers-kilomètres - de divers types d'usagers* ». Il en sera question à la section 4.2.4.

À l'aide des informations du fichier de déplacements, des représentations graphiques du profil de charge peuvent être enrichies par des différenciations basées sur le motif de déplacement (travail, étude, autre), sur le « sexe » des déplacements, sur la provenance des individus réalisant les déplacements (CUM, Rive-Sud, Laval, Rive-Nord), sur les modes d'accès à l'origine et à la destination, sur le nombre de correspondances effectuées, sur la proportion des diverses catégories d'âge ou sur tout autre facteur jugé intéressant.

La figure 4.5 illustre, pour le cas de Toronto, un profil de charge décalé où il est possible de distinguer, sur chaque tronçon du réseau de transport collectif, la proportion des déplacements effectués selon divers motifs (travail, étude, autre) ainsi que les accès à l'origine et à la destination (Chapleau, 1995). Cette représentation est possible par la scission du fichier d'itinéraires en fonction du motif de déplacement (une couche par motif) et ce avant l'exécution du chargement sur le réseau.

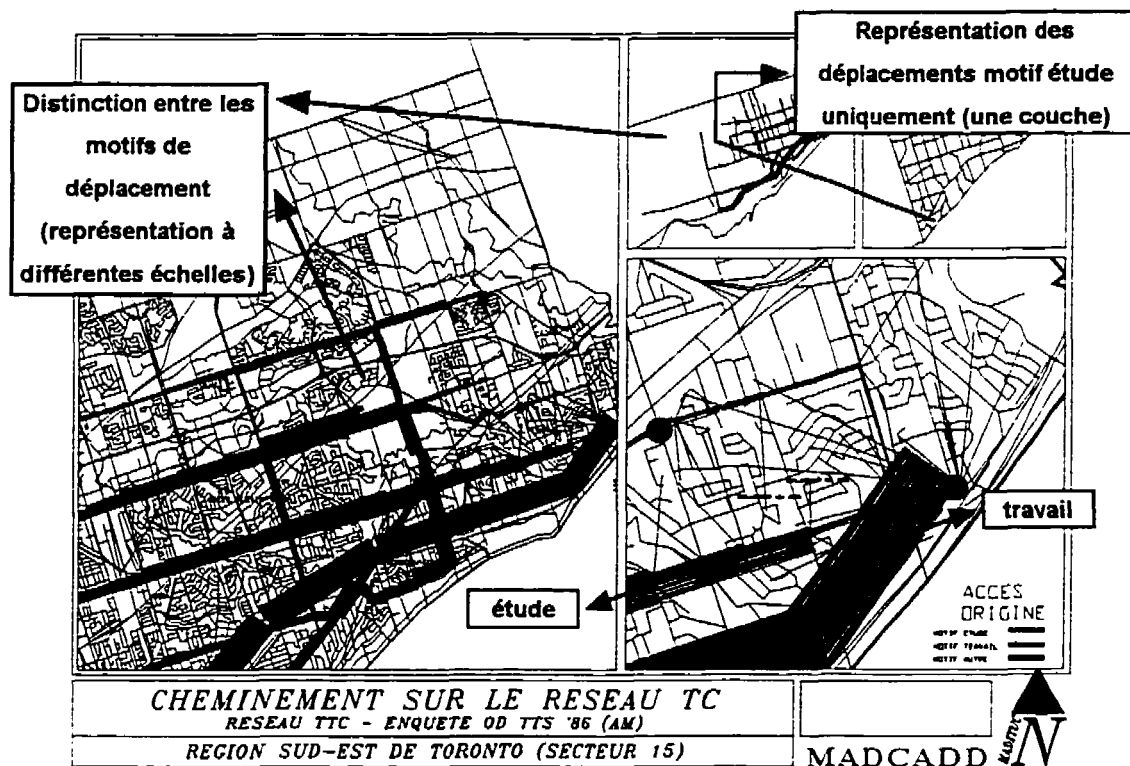


Figure 4.5 Profil de charge décalé, Toronto (Chapleau, 1995)

Une telle représentation graphique fournit une appréciation rapide des liens favorisés pour les déplacements des différents motifs et donne un aperçu des destinations principales (générateurs) pour le travail, les études et tout autre motif pour la période de pointe du matin. Les accès à l'origine et à la destination sont de plus présentés.

#### Examen des caractéristiques et des endroits de passage d'une clientèle spécifique

Le traitement totalement désagrégé des données d'enquêtes origine-destination rend possible la caractérisation d'une clientèle spécifique. Cette caractérisation correspond à l'analyse des comportements de déplacements d'une clientèle particulière en termes d'endroits de passage, de choix modal, d'heures de déplacement, de distances de

déplacement et de répartition spatiale sur le territoire. La clientèle peut être particulière en termes de mode de transport utilisé, d'heure de déplacement, de statut, de lieu de résidence, etc. L'approche méthodologique présentée dans cette section par le biais d'un exemple facilite la caractérisation de toute clientèle-cible, peu importe les particularités de celle-ci.

Une analyse portant sur la clientèle du train de banlieue de Montréal est présentée en guise d'exemple (Chapleau, 1992). La figure 4.6 présente le schéma de la méthodologie générale d'analyse de la clientèle du train. Tel que précisé ci-dessus, cette approche méthodologique est applicable à l'analyse de diverses clientèles-cibles. Il est d'abord possible de faire ressortir les caractéristiques du comportement réel des usagers. Cette première analyse, dérivée de l'étude des itinéraires de déplacements décrits des individus sondés, fournit les séquences d'utilisation des modes de transport des usagers actuels du train.

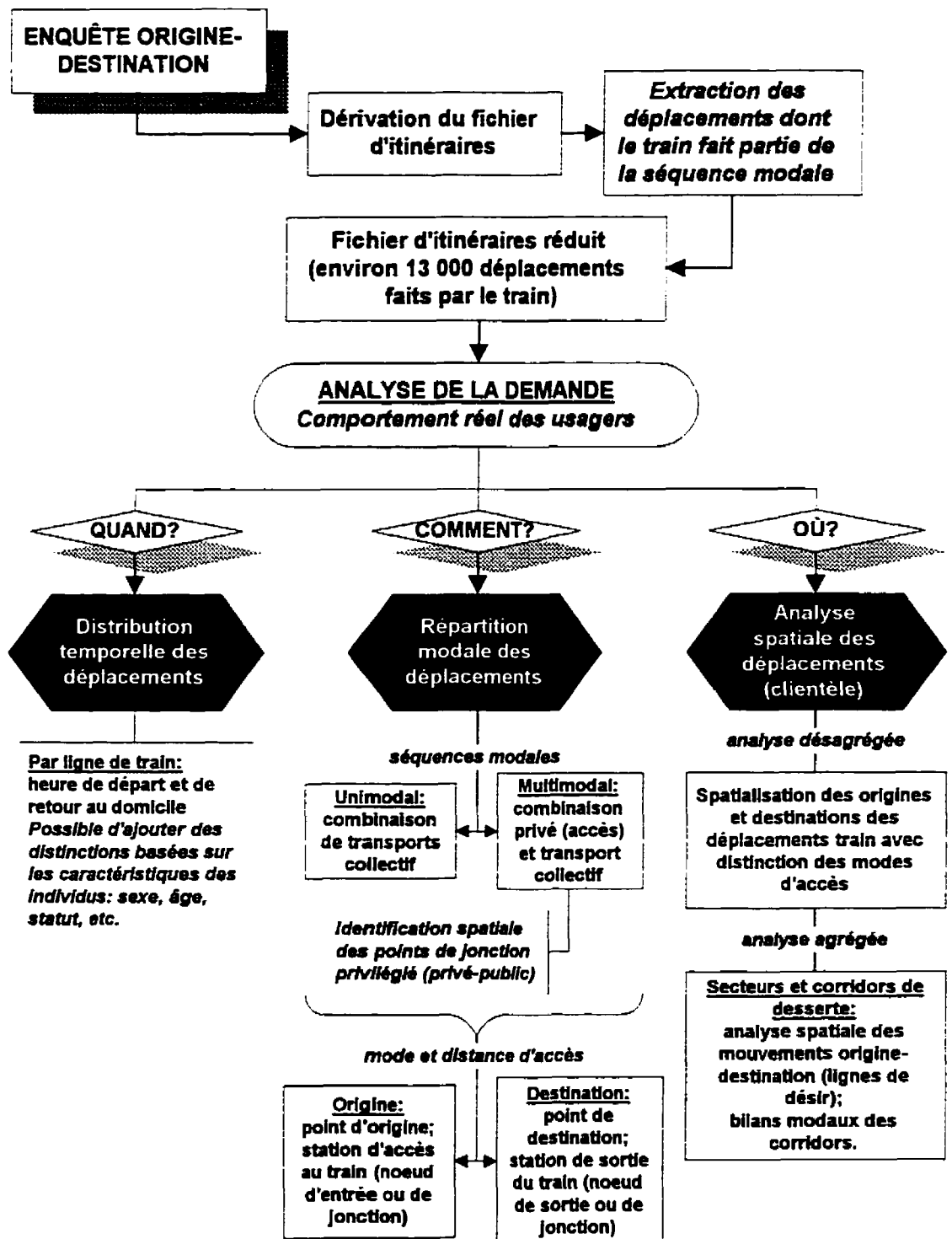


Figure 4.6 Méthodologie d'analyse de la clientèle du train de banlieue

Le tableau 4.1 montre le bilan des séquences modales des usagers du train (enquête origine-destination 1987).

Tableau 4.1 Bilan des séquences modales des usagers du train (Chapleau, 1992)

<b>Déplacements totaux:</b>			<b>12257</b>
<b>Transport collectif seulement:</b>			<b>8905</b>
			<b>73%</b>
		<b>Séquence d'utilisation des modes</b>	
Train		65%	47%
	T	65%	47%
Train et autobus de la STCUM		22%	16%
	AT	16%	12%
	TA	3%	2%
	AAT, ATA, TAA	2%	2%
Train et métro		8%	6%
	TM	6%	4%
	TMM	2%	2%
Train, métro et autobus de la STCUM		4%	3%
	9 séquences différentes	4%	3%
Train et autres (dont STL)		1%	1%
	LT, LAT	1%	1%
<b>Transport collectif et transport privé:</b>			<b>3352</b>
			<b>27%</b>
		<b>Séquence d'utilisation des modes</b>	
Train et automobile-conducteur		59%	16%
	CT	46%	13%
	CTM	9%	3%
	CTMM, CTA	4%	1%
Train et automobile-passager		39%	11%
	PT	32%	9%
	PTM	4%	1%
	PTMM, PTMA, PTA	4%	1%
Train et autres (vélo ou taxi)		1%	0%
	VT, XTAM	1%	0%

Légende des modes :

T : Train	C : Automobile-conducteur
A : Autobus STCUM	P : Automobile-passager
M : Métro STCUM	V : Vélo
L : Autobus STL	X : Taxi

Tel que présenté dans ce tableau, 73% des usagers du train utilisent exclusivement les transports collectifs afin d'atteindre le centre-ville tandis que les autres usagers (27%) effectuent des déplacements multimodaux (combinaison de modes publics et privés).

Ces chiffres démontrent de plus que d'une part, les usagers du train utilisant exclusivement les transports collectifs accèdent aux stations principalement par la marche (65% des cas) et d'autre part, les usagers du train effectuant des déplacements multimodaux y accèdent en voiture à titre de conducteur (59% des cas). Le nombre de véhicules stationnés aux différentes stations (ou dans les environs) peut facilement être déduit de cette dernière observation (demande actuelle) ce qui permet d'opposer l'offre d'espaces de stationnement à cette demande et d'effectuer les modifications souhaitables. Il est de plus possible de connaître l'encombrement des places de stationnement (durée du séjour) par l'analyse des itinéraires de déplacement (heures départ et retour).

La représentation graphique de la distribution temporelle des déplacements démontre que le train est un mode de transport utilisé principalement aux heures de pointe, dans la direction de pointe. En effet, il existe une forte utilisation du train en pointe du matin vers la destination centre-ville ainsi qu'une forte utilisation en pointe du soir en direction inverse soit vers Rigaud ou Deux-Montagnes. En ce sens, le train s'avère une alternative intéressante à l'automobile lors de ces deux périodes d'encombrement des voies de circulation. Une généralisation de la sorte peut toutefois induire de fausses conclusions. En effet, l'analyse de la demande de services de train de banlieue en fonction de la zone d'origine permet d'identifier les secteurs pour lesquels le train s'avère effectivement une alternative intéressante à la voiture pour les heures de pointe.

Dans le cas d'une analyse de clientèle spécifique (mode ou corridor de déplacements, personnes âgées, étudiants), il peut s'avérer intéressant de connaître la



représentativité de cette clientèle face à la clientèle globale ou face à l'ensemble des déplacements. Il peut de plus s'avérer intéressant de présenter, sous forme agrégée, les résultats d'une analyse menée selon un traitement totalement désagrégé des déplacements afin de faciliter la dissémination des observations et résultats.

Dans l'étude du train de banlieue, le bilan modal a été établi sur dix corridors de desserte du train, basés sur une agrégation territoriale en huit grands secteurs d'études. Ce bilan modal permet d'établir, sur chaque corridor de desserte, le rôle joué par le train ainsi que l'importance des autres modes. Par conséquent, la part actuelle du train (déplacements unimodaux et multimodaux) sur l'ensemble des déplacements en direction du centre-ville ainsi que les usagers potentiels du train (demande constante) sont identifiés. L'analyse détaillée des chaînes de déplacements de cette clientèle indique les modes et distances d'accès privilégiés pour atteindre les stations de train à l'origine et à la destination. Ces informations identifient les limites d'attraction des stations de train de banlieue ainsi que les distances jugées maximales par les individus pour que ceux-ci optent pour le train.

Selon les données recueillies, la distance de marche maximale des usagers du train s'approche de 1000 mètres. Au delà de cette distance, les usagers choisissent d'accéder au train par un autre mode soit l'automobile ou l'autobus. Le métro ne s'avère effectivement pas un mode d'accès privilégié au train car il n'est pas disponible en périphérie.

Il demeure toutefois que de telles informations sont davantage clarifiées par une représentation graphique spatialisée. La figure 4.7 montre la distribution spatialisée des origines et destinations des usagers du train ainsi que le mode d'accès à l'origine

et à la destination. Cette représentation, possible par la distinction des itinéraires de déplacement en fonction de la zone de résidence, identifie clairement d'où proviennent les usagers et comment ils accèdent au train.

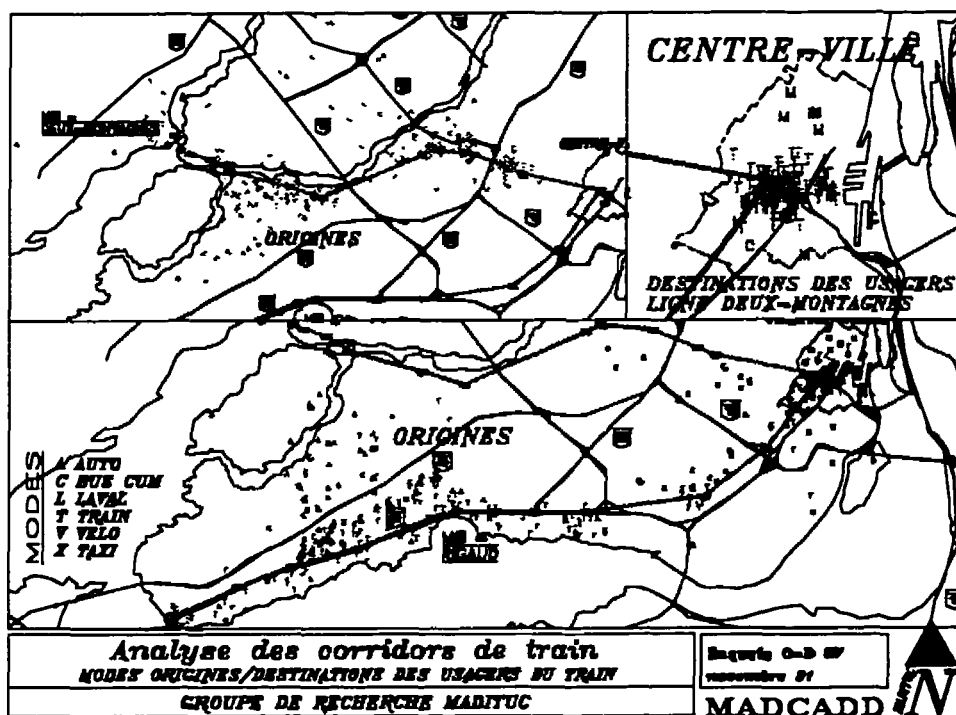


Figure 4.7 Distribution spatialisée des origines et destinations des usagers du train, caractérisés par leur mode d'accès à l'origine et à la destination (Chapleau, 1992)

L'analyse des déplacements multimodaux permet l'identification spatiale des points de jonction (stationnement) des automobilistes-conducteurs et des automobilistes-passagers qui effectuent une correspondance avec les transports collectifs (train et métro) afin d'atteindre leur destination. Cette analyse met en évidence la part importante des usagers du transport en commun de l'Île de Montréal qui proviennent de Laval et de la Rive Nord. Il est toujours possible d'ajouter des distinctions basées sur le statut des usagers (dérivé du motif de déplacement), l'âge ou le sexe des usagers

du train afin de connaître les principaux bénéficiaires de services de train qui proviennent de zones hors CUM. Ces informations quant au lieu de résidence des usagers sont utiles pour évaluer les effets financiers dits de débordement des transports (voir section 4.2.4).

**Évaluation des bénéfices et des ressources associés à une variante de réseau**

L'approche totalement désagrégée permet d'évaluer les ressources nécessaires pour un niveau d'offre de service donné. Par conséquent, il est possible de mesurer les bénéfices et coûts probables (allocation des ressources) de diverses variantes de géométrie et de niveau de service, comparativement à une situation de référence. De façon simpliste, la procédure consiste à codifier le réseau correspondant à la variante et à évaluer les ressources nécessaires à son fonctionnement à l'aide d'une procédure appropriée (module réseau du système MADITUC).

Outre la comparaison des coûts (en termes de ressources), il est possible d'évaluer l'accessibilité au réseau et d'apprécier, suite à un chargement (simulation) sur le réseau (variante), les caractéristiques du service à savoir les temps d'attente, d'accès, de voyage, le nombre de correspondance moyen, et ce pour diverses périodes de desserte et divers secteurs. La vérification adéquate des bénéfices ou désagréments induits par une variante de réseau correspond donc aussi à l'appréciation de l'accessibilité au réseau pour différentes catégories d'usagers classés selon la zone de résidence, l'âge, le sexe, le statut ou un quelconque facteur.

L'analyse des corridors de train de banlieue s'avère un exemple d'étude de variantes en ce sens que les impacts des corridors de train sont comparés aux modes de

transport collectif de surface et que l'accessibilité globale du réseau est appréciée. En effet, afin de vérifier la pertinence d'une ligne de train et surtout pour vérifier si le train est en concurrence ou en complémentarité avec le reste du réseau de transport collectif, il devient intéressant de connaître la zone de captage du train et, dans la présente étude, de celle du métro. La figure 4.8 montre les zones de captage respectives des deux lignes de train de banlieue et de la ligne de métro 2 ouest, pour la destination centre-ville (Place Bonaventure).

Ces zones de captage résultent de l'application d'un algorithme du plus court chemin en destination de Place Bonaventure, les origines étant les 1500 centroïdes de zones de l'enquête origine-destination de 1987. Il apparaît clairement que lorsque disponible, le métro s'avère plus rapide que le train. La détermination des zones de captage peut évidemment être réalisée avec un niveau de détail plus grand pour ce qui est des points d'origine.

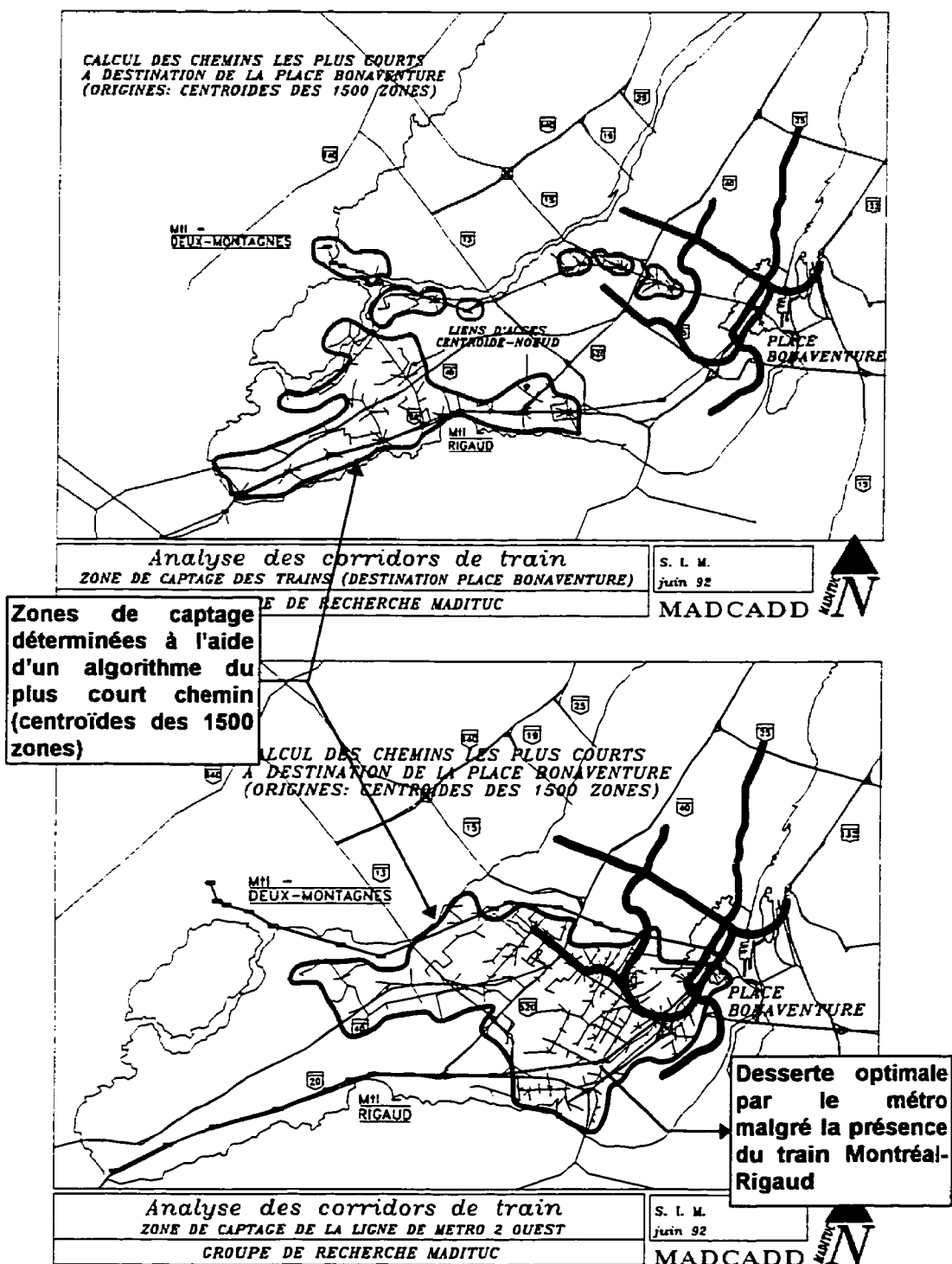


Figure 4.8 Territoires de desserte optimale des lignes de train et de la ligne de métro ouest à destination de la gare centrale (Chapleau, 1992)

L'approche totalement désagrégée permet également de répondre à la question simple mais pourtant d'intérêt primordial pour la planification opérationnelle des réseaux de transport collectif : combien ça coûte ? Diverses modifications banales du point de vue des usagers ont des impacts majeurs sur l'opération des services et les coûts de desserte. Et il arrive que les entreprises soient incapables d'estimer la valeur monétaire de simples modifications de l'offre de service tel que l'ajout d'un départ sur une ligne, l'augmentation ou la diminution de la fréquence de service, l'ajout d'un parcours de nuit ou d'un parcours express, la desserte des activités spéciales, les détours engendrés par l'entretien des voies, les accidents de la circulation, etc. L'approche totalement désagrégée permet d'autant plus d'évaluer les désagréments ou améliorations vécus par les usagers en termes de temps d'attente, distance d'accès, temps de déplacement, nombre de correspondances et desserte.

Toutes ces questions sont évaluées à partir d'indicateurs de performance qui sont issus du traitement de l'offre et de la demande de service. Les coûts peuvent être estimés par la connaissance du nombre de véhicules requis pour desservir le réseau ainsi que par l'évaluation du nombre de véhicules-kilomètres et véhicules-heures résultant de la desserte de services des variantes. La figure 4.9 illustre la procédure d'évaluation des bénéfices et des coûts reliés à une variante de réseau.

L'évaluation des coûts implique l'application d'un modèle de coûts, tel qu'il sera présenté à la section 4.2.4.

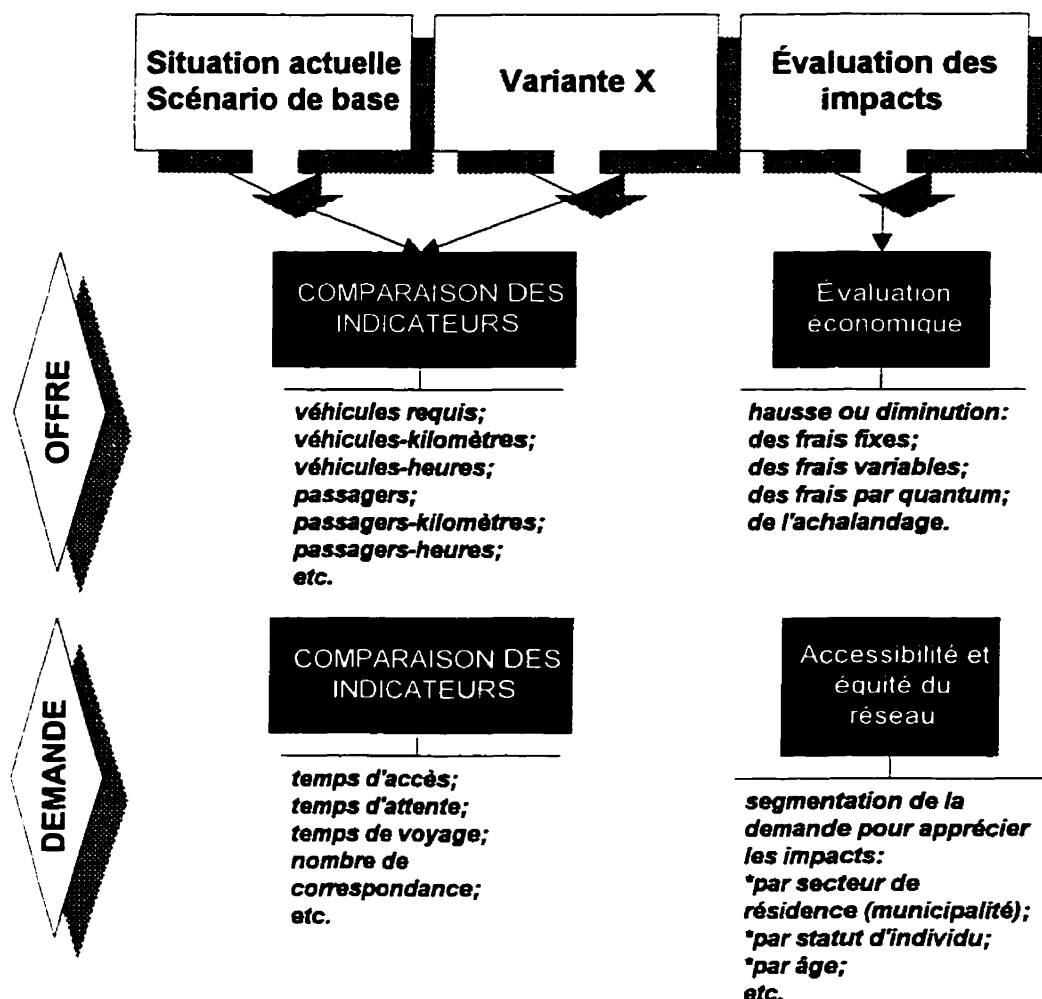


Figure 4.9 Procédure d'évaluation des bénéfices et coûts associés à une variante de réseau

### Analyse détaillée de la clientèle à des points d'intérêt

Afin de démontrer les informations qui peuvent résulter de l'analyse détaillée de la clientèle à des points d'intérêts, l'analyse des mouvements de correspondances a été effectuée pour le cas de la station de métro Lionel-Groulx. Les mouvements considérés sont donc les correspondances métro-métro, les accès et sorties au métro ainsi que les correspondances autobus-métro. Les passagers qui n'effectuent pas de

correspondance (qui ne quittent pas le véhicule) ne sont pas considérés. Cette analyse est basée sur les fichiers d'enquête et d'itinéraires issus du traitement désagrégée des données d'enquête origine-destination 1993.

Avant d'entreprendre l'analyse des données de déplacement disponibles pour 1993, il convient de schématiser la station d'intérêt (figure 4.10). La façon la plus simple de représenter ce point d'intérêt consiste à identifier les mouvements possibles à cette station en considérant la station comme un unique noeud, auquel s'applique la loi de conservation de la masse. Par conséquent, le nombre total de passagers qui entrent à la station doit correspondre au nombre total de passagers qui sortent en empruntant les différents liens. Il est à noter qu'un seul noeud est utilisé afin de représenter l'ensemble des accès provenant de la surface (accès à pied, autobus, voiture).

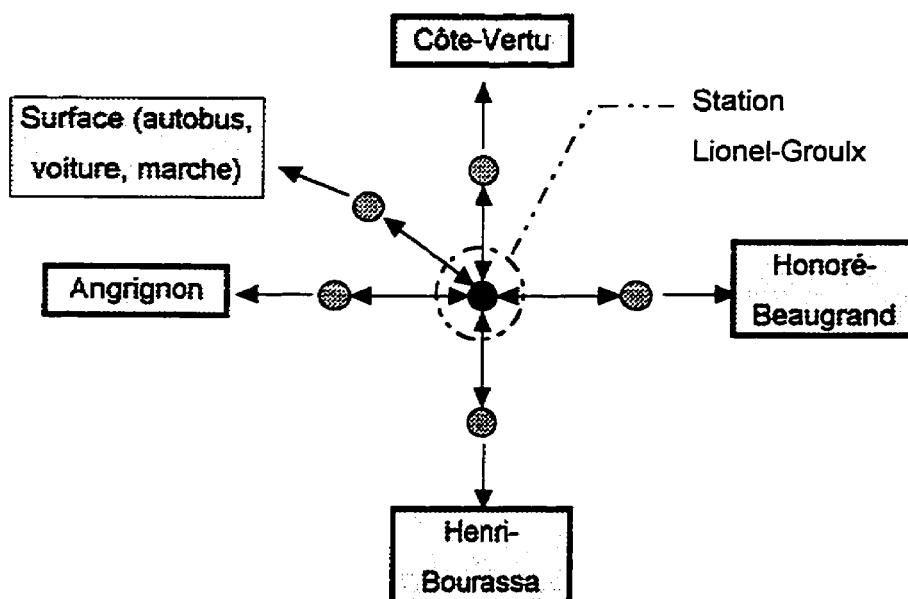


Figure 4.10 Représentation schématique simplifiée de la station Lionel-Groulx

Cependant, puisque l'objectif est d'analyser les mouvements de correspondance à l'intérieur de la station, il devient nécessaire de détailler davantage la représentation



schématique. Ainsi, le noeud identifiant globalement la station est scindé en plusieurs noeuds permettant la représentation par liens des différents mouvements de correspondances possibles. Par conséquent, un noeud est créé pour chaque ligne et chaque direction ainsi que pour l'accès via la surface. Le schéma suivant (figure 4.11) montre les correspondances possibles pour un usager de la ligne orange qui arrive de Côte-Vertu.

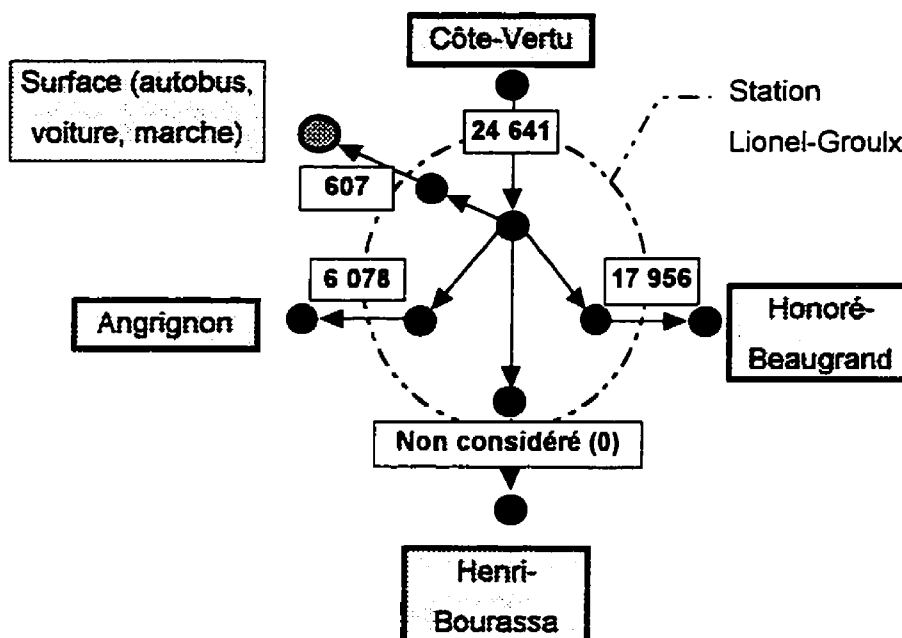


Figure 4.11 Mouvements de correspondance à la station Lionel-Groulx en provenance de Côte-Vertu

La loi de conservation de la masse est effectivement respectée :

$$\sum ENTRANTS = \sum SORTANTS$$

$$24641 = 607 + 6078 + 17956$$

Tel que décrit au chapitre 3, les lignes et les noeuds d'un réseau de transport collectif sont codifiés spatialement et sont identifiés par un numéro et une direction (numérotée). Dans le cas à l'étude, la ligne verte est la ligne numéro 1 et la direction Honoré-Beaugrand est la direction principale (1) tandis que la ligne orange est la ligne 2 avec direction principale (1) vers Côte-Vertu.

Le tableau 4.2 présente les informations relatives aux mouvements de correspondances de la station sous forme de matrice. Ces informations sont issues de l'enquête origine-destination 1993 et ont été extraites du fichier de déplacements à l'aide du logiciel MADITUC pour une période de 24 heures.

Tableau 4.2 Matrice des mouvements de correspondance à la station Lionel-Groulx

Origine / Destination	V-1	V-2	O-1	O-2	Surface	TOTAL
V-1	X	0	7172	720	720	13721
V-2	0	X	18101	1783	3819	23703
O-1	1738	7452	X	0	1190	10380
O-2	17956	14065	0	X	607	24641
Surface	3921	535	759	1264	162	6641
TOTAL	23615	14065	24689	10219	6498	79086

- X Mouvement continu: non considéré dans cette analyse  
 V - 1 Angrignon - Honoré-Beaugrand  
 V - 2 Honoré-Beaugrand - Angrignon  
 O - 1 Henri-Bourassa - Côte-Vertu  
 O - 2 Côte-Vertu - Henri-Bourassa

Tel que précisé initialement, les passagers demeurant dans le véhicule ne font pas l'objet de cette analyse et c'est pourquoi les flots de passagers de la diagonale ne sont pas disponibles (supposés nuls pour l'analyse). Le cas de la surface est particulier, car un seul noeud identifie l'ensemble des lignes d'autobus ainsi que les accès à pied. Le flot surface-surface n'est pas nul car il est possible qu'un usager effectue une correspondance entre deux lignes d'autobus en transigeant par la station ou par ses environs (noeud). Les quatre cases dont le flot est nul identifient les mouvements de retour sur une même ligne pour un déplacement continu. Ce tableau permet de constater que les mouvements de correspondances principaux sont de la ligne verte en direction d'Angrignon vers la ligne orange en direction de Côte-Vertu et de la ligne orange en direction d'Henri-Bourassa vers la ligne verte en direction d'Honoré-Beaugrand. Il n'est pas surprenant que ces deux correspondances qui représentent des mouvements inverses soient les mouvements principaux, car la période d'étude inclut les retours à domicile. D'ailleurs, l'observation de la matrice démontre la symétrie des mouvements due à la période d'étude (voir teintes semblables).

La figure 4.12 présente la distribution temporelle des déplacements des correspondants à la station Lionel-Groulx pour les deux mouvements principaux. Le premier graphique de la figure (graphique de gauche) comprend les déplacements dont le premier mode de déplacement est le métro (séquence métro, métro-autobus, etc.). Par conséquent, le noeud d'accès au réseau de transport collectif est une station de métro et il est pertinent d'affirmer que les accès sont faits par la marche. Le deuxième graphique de la figure (graphique de droite) inclut les déplacements dont le mode d'accès au métro est l'autobus (séquence autobus-métro, autobus-métro-autobus,

autobus-autobus-méto, etc.). Ces deux graphiques démontrent bien les directions privilégiées de déplacements selon la période de pointe. L'analyse comparative de ces deux graphiques permet de déduire que l'utilisation de l'autobus comme mode d'accès au métro est très importante lors des correspondances en pointe du matin de la ligne orange vers Henri-Bourassa à la ligne verte vers Honoré-Beaugrand (près de 50% des déplacements). La symétrie (pointe du matin et pointe de l'après-midi) de ces deux mouvements de correspondances est de plus très bien représentée.

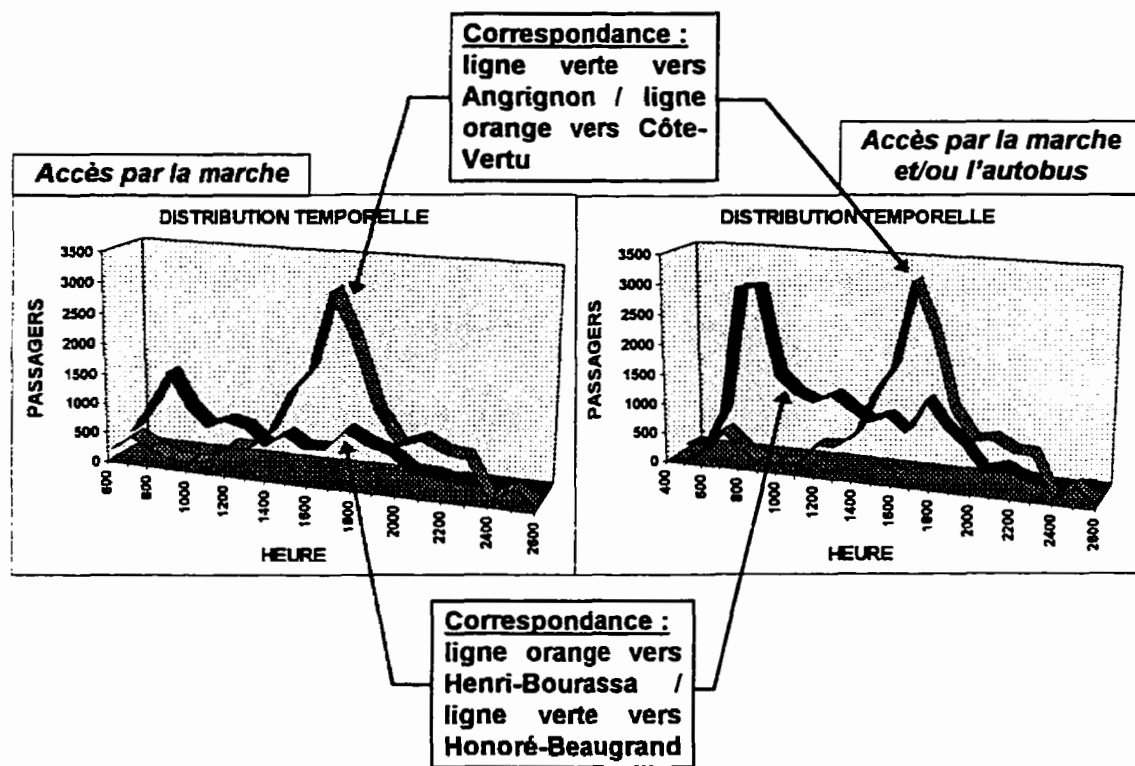


Figure 4.12 Distribution temporelle des déplacements des correspondants à la station Lionel-Groulx selon les deux mouvements principaux avec comparaison basée sur le mode d'accès.

Outre la connaissance des flots de passagers pour chacun des mouvements de correspondance, il est possible d'analyser les caractéristiques dominantes des usagers effectuant des correspondances au sein de la station. Les données disponibles

permettent d'abord de constater des proportions quasi équivalentes d'hommes (46%) et de femmes (54%). La répartition des individus en termes de statut démontre de plus que 48% des correspondants sont des travailleurs et que 34% sont des étudiants, 18% des passagers ayant un statut dérivé de type autre.

D'une part, la figure 4.13 présente la répartition des correspondants en fonction du secteur de résidence.

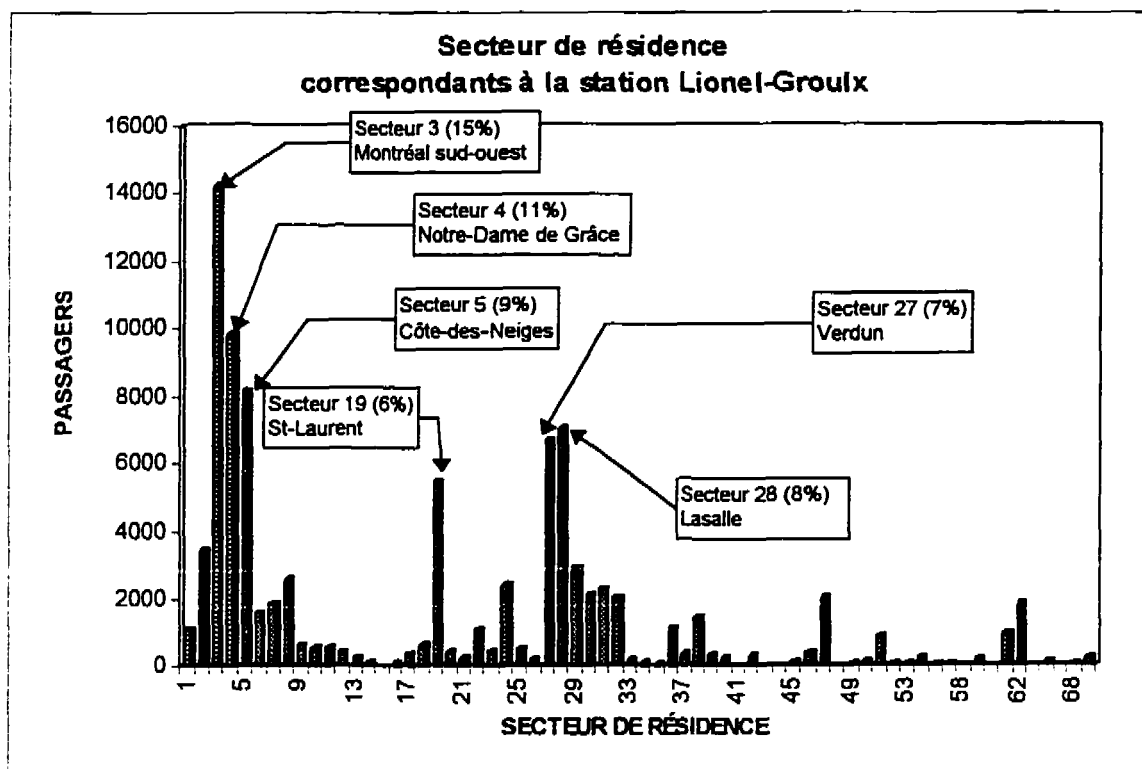


Figure 4.13 Zone de résidence des correspondants à la station Lionel-Groulx

La figure 4.14 présente d'autre part la répartition des correspondants en termes d'âge.

Connaissant la disposition physique de la station, il est aussi possible de dériver les lieux de passages des individus à l'intérieur même de la station (pour les mouvements

de correspondance entre les deux lignes de métro) et de caractériser en termes d'âge, de sexe, de zone de résidence et de statut, les différents flots de correspondants.

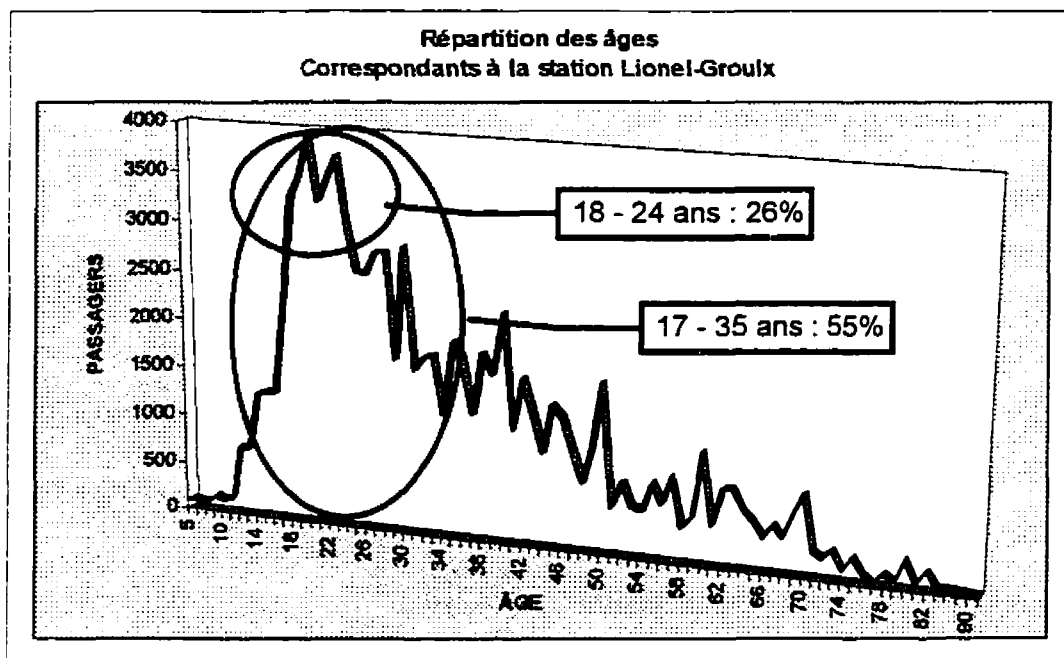


Figure 4.14 Répartition des âges, correspondants à la station Lionel-Groulx

La figure suivante (4.15) illustre la relation entre le temps total de déplacement, le nombre de correspondants et la distance à vol d'oiseaux entre une origine et une destination pour le cas des déplacements motif travail dont l'origine est le lieu de résidence. D'abord, le graphique démontre que, généralement, plus la distance entre l'origine et la destination augmente, plus le temps total de déplacement sera grand (tous modes confondus). Il semble toutefois que les temps de déplacements soient plus variables lorsque la distance dépasse 22 kilomètres. L'analyse des itinéraires de déplacements permet d'affirmer que divers comportements provoquent de plus longs déplacements : utilisation exclusive de l'autobus, séquence impliquant plusieurs correspondances particulièrement avec l'autobus, heure de départ hors des heures de

pointe, etc. Il appert par conséquent que les déplacements de longues distances s'effectuant exclusivement par le métro s'avèrent plus rapides. Le graphique démontre de plus que la majorité des individus effectuant une correspondance à la station Lionel-Groulx et se déplaçant pour le motif travail, sont à une distance inférieure à 13 kilomètres de leur destination.

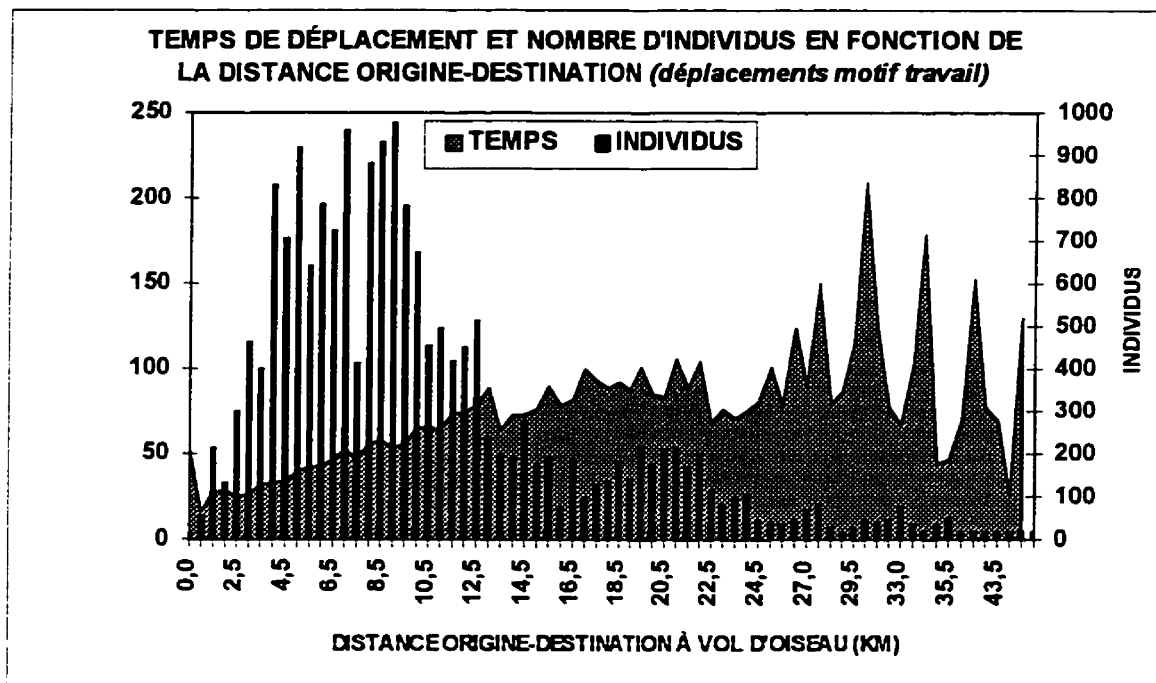


Figure 4.15 Graphique du temps total de déplacement et du nombre de correspondants en fonction de la distance origine-destination

Le système MADITUC contient déjà un module permettant de faire l'analyse de l'activité à un noeud particulier du réseau. Les résultats issus de l'exécution de ce module sont les volumes de passagers entrant et sortant du noeud avec distinction du mode d'accès (marche, automobile-passager, automobile-conducteur) ainsi que les mouvements de correspondances entre les lignes de transport collectif incluant les

directions et la zone de provenance de l'utilisateur.

### **Allocation des garages**

Outre l'analyse de problématiques rattachées au réseau de transport collectif, il arrive que le planificateur ait besoin d'information quant à la localisation optimale des garages. En effet,

*« parmi les coûts imputables à l'exploitation d'un réseau de transport collectif, jusqu'à 10% peuvent être associés aux coûts liés au kilométrage mort effectué par les véhicules entre leur garage de service et la ligne à desservir de même qu'aux coûts liés à la relève des chauffeurs » (Chapleau et Bergeron, 1991).*

Par conséquent, l'évaluation des impacts financiers du retrait ou de l'ajout d'un garage de service ainsi que la comparaison de divers patrons d'allocation s'avèrent intéressantes afin de minimiser le kilométrage mort (distance entre le garage et le point d'entrée en service sur la ligne) et les coûts imputables à la relève des chauffeurs (temps nécessaire au chauffeur pour se déplacer du garage au point de relève assigné).

L'approche totalement désagrégée permet de développer une approche d'allocation optimale des garages de services. Celle-ci est basée sur la localisation géographique des terminus (points de relève) et des garages (géomatique du réseau), sur la connaissance du nombre de véhicules requis en période de pointe pour chaque ligne et sur la capacité des garages. L'objet est de déterminer dans quel garage chaque autobus doit être disposé afin de réduire la distance garage - point d'injection sur le



réseau. Chaque jumelage ligne - garage est évalué et l'option retenue présente les coûts minimaux.

Dans le contexte économique actuel, les entreprises de transport collectif tentent de réduire les coûts d'opération du service. Ainsi, en plus d'envisager la réduction du kilométrage mort entre le garage et la ligne à desservir, les entreprises de transport collectif examinent la faisabilité de réduire les temps improductifs en fin de ligne (temps d'attente entre deux voyages). À cet effet, l'affectation d'un véhicule à plusieurs lignes (aller ou retour) consécutives constitue une option possible. Ce projet implique la disponibilité d'une géomatique complète du réseau de transport collectif ainsi que du réseau routier - caractéristiques des voies de circulation (sens unique, vitesse prescrite, limitations) - sur lequel les autobus sont en mesure de circuler afin d'atteindre un second point d'injection. Des procédures permettant de minimiser les temps improductifs sont ensuite appliquées afin d'établir l'affectation des véhicules sur le réseau.

La figure suivante (4.16) illustre le principe de l'affectation successive d'un autobus à plusieurs lignes. Dans le cas illustré, un autobus part à 7h15 (injection sur le réseau), effectue un parcours d'une durée de 20 minutes et arrive en fin de parcours à 7h35. Le prochain départ prévu à cet arrêt est à 7h50. L'autobus doit normalement attendre 15 minutes (temps improductif) avant de repartir. Selon l'option présentée ci-dessus, l'autobus peut être affecté à une autre ligne afin de réduire ce temps improductif. Tel qu'illustré, un départ est prévu à 7h43 sur une autre ligne située à proximité, à une distance évaluée à un temps maximum de 6 minutes. Il apparaît donc avantageux d'affecter l'autobus à cette autre ligne.

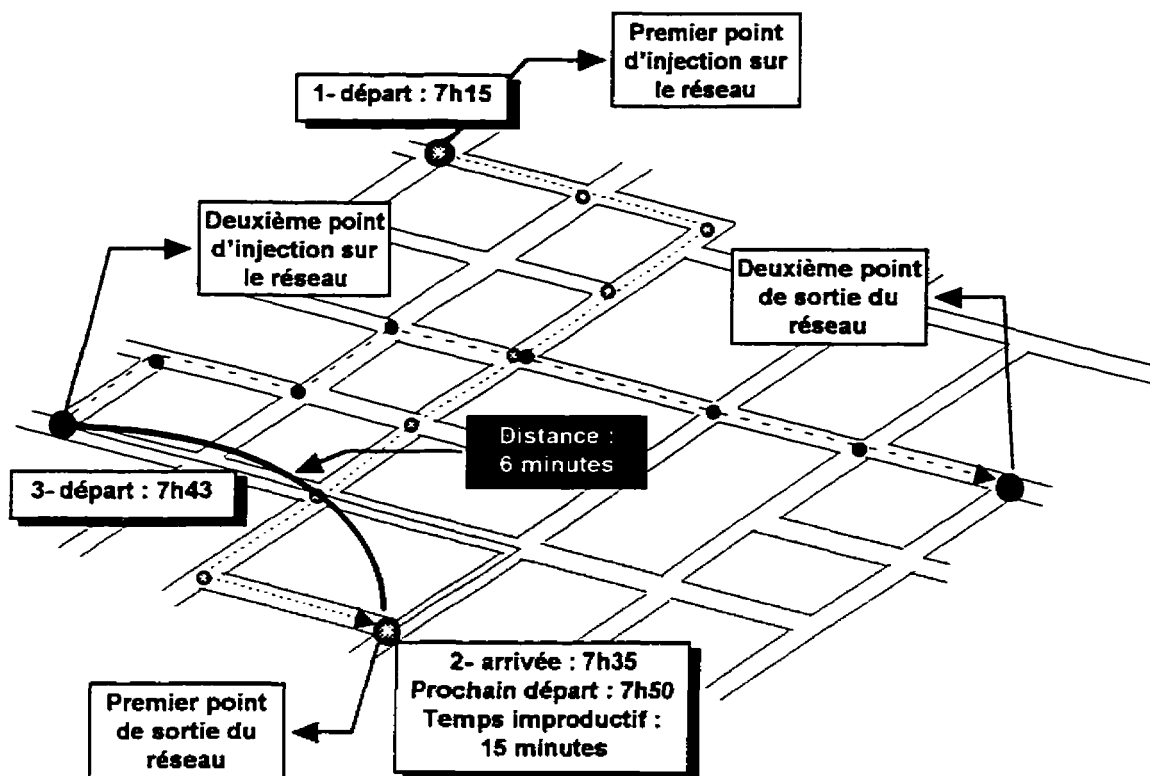


Figure 4.16 Exemple d'affectation successive d'un autobus

Une telle option apparaît intéressante à prime abord. Toutefois, les bénéfices et coûts reliés au déplacement d'un véhicule d'un point d'injection à un autre (diminution du nombre de véhicules requis, véhicules-kilomètres, etc.) doivent être évalués afin de s'assurer qu'il est effectivement plus rentable d'opter pour une telle mesure plutôt que de supporter les coûts relatifs au temps improductif.

Il semble donc de plus en plus nécessaire de développer des systèmes d'information précis et détaillés, permettant l'analyse et le suivi de l'ensemble des véhicules sur le réseau ainsi que l'estimation des coûts reliés au service.

### 4.2.3 Effets socio-démographiques et modélisation

Tel que souligné par Chapleau et Lavigueur (1991),

*« c'est grâce aux grandes enquêtes régionales origine-destination faites régulièrement qu'il est possible de suivre l'évolution de la demande dans ses dimensions spatio-temporelles. »*

Outre les données caractérisant les déplacements sur le réseau, le fichier d'enquête contient des informations secondaires qui permettent d'apprécier diverses tendances socio-démographiques, de relier ces tendances à l'évolution des comportements en termes d'habitudes de déplacements et de caractériser diverses clientèles des transports collectifs.

#### APPLICATIONS

##### **Appréciation des tendances socio-démographiques**

Pour le cas de Montréal, les cinq dernières enquêtes contiennent des données qui permettent d'apprécier les effets des tendances socio-démographiques sur l'utilisation des transports collectifs. De telles études impliquent, au préalable, l'analyse évolutive des variables secondaires qui, tel que décrit au chapitre 2, sont en relation directe avec les comportements de choix modal et de mobilité des individus. Le traitement des enquêtes origine-destination selon une approche totalement désagrégée a permis, pour le cas de Montréal, de faire les observations suivantes (Chapleau, 1995) :

- une diminution sensible de la taille des ménages dans le temps et dans l'espace, de la banlieue vers le centre-ville de l'agglomération ;

- un vieillissement continu de la population à la source d'un phénomène de dédensification du centre confirmé par un étalement urbain ;
- un progrès continu de la motorisation particulièrement soutenue par le rattrapage des femmes à cet effet, ainsi que leur participation accrue au marché du travail ;
- un déclin de l'utilisation du transport collectif, conséquence de l'impact combiné des effets démographiques (« baby-boom »), de la dédensification du centre et de la motorisation ;
- une augmentation des déplacements multimodaux, automobile-transport collectif, pour les déplacements se destinant au centre.

L'agrégation des données d'enquêtes origine-destination selon les secteurs de dénombrement (plus petites divisions territoriales des recensements de Statistiques Canada) permet d'ajouter des variables à l'analyse. L'évolution du caractère social, démographique, culturel et démographique peut être appréciée en relation avec les habitudes de déplacements des individus de ces secteurs.

À cet effet, il apparaît intéressant de souligner la distinction entre la nature des informations secondaires disponibles dans l'enquête origine-destination et les informations issues des recensements. D'une part, les recensements éclairent sur les caractéristiques socio-économico-démographiques d'une population de nuit, en fonction d'une appartenance territoriale (lieu de résidence) et d'autre part, les enquêtes origine-destination permettent l'observation des mouvements spatio-temporels de mobilité de la population de jour. (Chapleau, 1993).

### Prévision à moyen terme de la demande

La prévision de la demande constitue une préoccupation stratégique urgente pour les entreprises de transport collectif. La disponibilité à Montréal « *de données méthodologiques comparables pour les enquêtes (origine-destination) de 1974, 78, 82, 87 et 93* » (Chapleau, 1995) permet d'approcher l'exercice de prévision d'achalandage avec une logique certaine. À cet effet, différentes études ont été réalisées afin d'examiner les effets réels de l'évolution spatio-temporelle des variables socio-économiques sur les comportements de déplacement, particulièrement l'utilisation des transports collectifs.

Le traitement désagrégé des enquêtes origine-destination permet de scinder la population en diverses catégories ayant des comportements de déplacements types, puis d'établir des hypothèses d'évolution de ces catégories. Tel que mentionné par Chapleau (1990), « *cette approche segmentée explique mieux l'usage du transport collectif et devrait faciliter l'estimation future de la demande de transport* ».

Un exercice de prévision (Montréal, 1991-2011) réalisé en 1994 par Chapleau, Lavigueur et Lemay introduit une méthodologie prévisionnelle basée sur une catégorisation de la demande et une prise en compte de divers facteurs évolutifs à caractère social. Pour les fins de cet exercice, la population est choisie comme variable de classification de base et les catégories sont établies en fonction du sexe, de l'âge, du statut, de la motorisation et de la résidence. La factorisation (ajustement pour fins de projection) des déplacements actuels est donc effectuée en fonction de ces catégories.

La figure suivante (4.17) illustre la méthodologie prévisionnelle qui a servi de base à cet exercice de prévision.

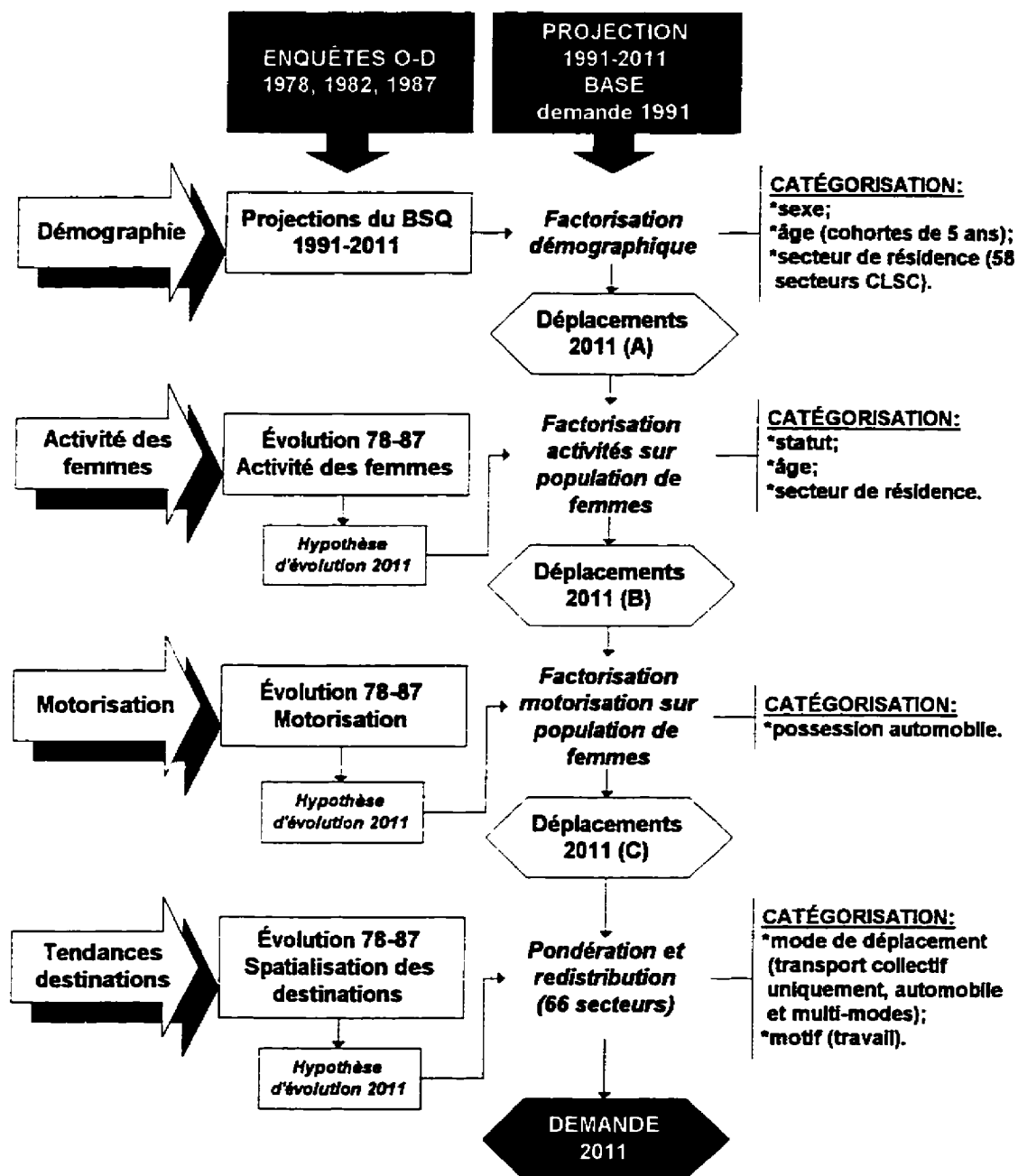


Figure 4.17 Méthodologie prévisionnelle catégorisée et désagrégée de la demande de transport, figure adaptée de Chapleau, Lavigueur et Lemay (1994)

Tel que représenté sur cette figure, les variables significatives (hypothèses) retenues dans le cadre de cette analyse sont la démographie, l'évolution de l'activité des femmes, l'évolution de la motorisation des femmes actives et l'évolution des générateurs de déplacements (tendances). Le principe de base de l'approche méthodologique proposée est que *« le volume pondéré de chaque déplacement individuel sera altéré selon l'évolution anticipée de ses caractéristiques associées »* (Chapleau, Lavigueur, Lemay, 1994). Par exemple, si l'augmentation anticipée des femmes possédant une automobile entre 1987 et 2011 est de 30%, tous les déplacements individuels effectués en 1987 par des femmes possédant une automobile seront majorés de 30%. Ainsi, l'évolution de variables ciblées peut être établie à partir des enquêtes origine-destination de 1978, 82 et 87 et des hypothèses d'évolution à l'horizon 2011, basées sur ces tendances, sont proposées.

Ainsi, à partir des projections démographiques du Bureau des statistiques du Québec, il devient possible de poser des hypothèses valides en termes de déplacements pour diverses catégories d'individus (par exemple, les hommes travailleurs possédant une voiture).

#### **Analyses de marché examinant diverses clientèles**

En 1989, la Toronto Transit Commission (TTC) souhaite identifier les meilleurs endroits, dans un réseau de transport en commun, pour effectuer une campagne de publicité s'adressant aux personnes âgées. L'approche totalement désagrégée, par le traitement individuel des déplacements, permet de traiter divers segments de la clientèle en vue d'analyser et d'identifier les points de correspondance privilégiés ainsi que les origines et destinations principales de ceux-ci. La demande de la TTC a

résumé en un chargement segmenté des 55-64 ans et 65 ans et plus qui a permis d'identifier les principaux points de correspondance de cette clientèle (Chapleau, 1990). Suite à l'identification de ces lieux, les planificateurs peuvent, en plus de réaliser une campagne de publicité ciblée, favoriser une amélioration de l'accessibilité et de la sécurité en ces lieux pour répondre aux attentes et besoins particuliers de cette clientèle.

L'approche totalement désagrégée permet d'observer les comportements de déplacements de diverses clientèles en vue de distinguer les variables significatives qui influencent leurs choix. Une telle approche donne des indicateurs de marché qui identifient les individus les plus enclins à utiliser un mode de transport particulier. Outre l'observation passive des comportements, il devient possible de cibler certaines clientèles qui, selon les tendances observées, sont dans une situation de choix modal qui pourrait s'avérer profitable pour les transports collectifs. Une étude comparative réalisée sur le territoire de la grande région de Montréal fait état des capacités du traitement désagrégé des enquêtes origine-destination jumelé aux informations disponibles dans les recensements, afin d'apprécier les différences nettes de la demande de transport de trois secteurs distincts: Rosemont (urbain), Chomedey (banlieue ancienne) et Blainville (banlieue récente) (Chapleau et Allard, 1993).

Avant d'entreprendre l'analyse approfondie de la consommation de transport, il convient toutefois de discerner les caractéristiques socio-démographiques qui distinguent ces trois secteurs. Pour ce faire, les données du fichier d'enquête sont agrégées conformément aux secteurs de dénombrement des recensements. D'une part, le secteur de banlieue le plus éloigné du centre-ville présente une distribution des



cohortes d'âge avec forte proportion des 30-39 ans et des plus jeunes ainsi que peu de personnes âgées (âge moyen de 31 ans). D'autre part, le secteur le plus près du centre-ville, Rosemont, abrite une forte proportion de 20-29 ans et de 60-69 ans (âge moyen de 39.9 ans). Il appert de plus que, tel qu'apprécié dans l'analyse des tendances socio-démographiques, la taille des ménages soit supérieure en banlieue que près du centre-ville.

La figure 4.18 distingue les caractéristiques inhérentes à l'âge moyen, à la population, à la taille des ménages, à la densité d'habitants et à la possession automobile de ces trois secteurs.

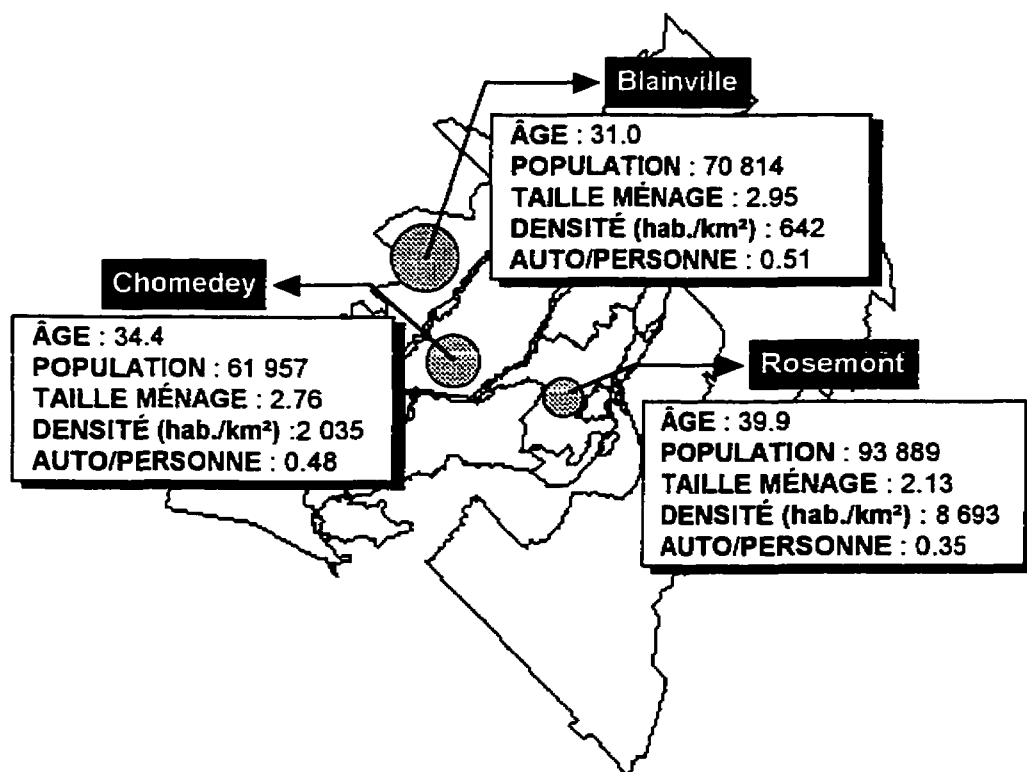


Figure 4.18 Caractéristiques des trois secteurs (Chapleau et Allard, 1993)

Il devient maintenant opportun d'analyser les comportements de déplacements des résidents des trois secteurs et de les mettre en reliefs avec les variations socio-démographiques illustrées.

L'analyse met en évidence que les véhicules-kilomètres augmentent avec l'éloignement du centre-ville. Il appert de plus que les distances moyennes par déplacement sont plus longues à Blainville qu'à Chomedey et à Chomedey qu'à Rosemont et ce surtout pour les motifs travail et autres. Le tableau 4.3 présente les distances moyennes de déplacement pour les trois motifs de déplacement principaux: travail, études et autres.

Tableau 4.3 Distances moyennes des déplacements

Distances moyennes d'un déplacement			
Motif	Rosemont	Chomedey	Blainville
Travail	8,89 km	14,12 km	17,91 km
Études	4,21 km	8,08 km	8,06 km
Autres	5,92 km	8,60 km	10,30 km

En plus de comparer les distances de déplacements et le nombre de véhicules-kilomètres, l'approche totalement désagrégée permet d'apprécier la consommation de transport en termes de mobilité (nombre de déplacements par personne ou par ménage pour chaque motif de déplacement), de choix modal (transports collectifs, auto-conducteur, auto-passager), de déplacements multimodaux et de représentativité de la consommation de transport par rapport à la grande région de Montréal.

Le tableau 4.4 compare la mobilité individuelle quotidienne des résidents des trois secteurs à l'étude.

Tableau 4.4 Comparaison de la mobilité individuelle quotidienne

<b>Déplacements quotidiens par personne</b>			
	<b>Rosemont</b>	<b>Chomedey</b>	<b>Blainville</b>
<b>Déplacements motorisés</b>	1,74	2,01	2,05
<b>Transport collectif</b>	0,69	0,29	0,07
<b>Auto-conducteur</b>	0,78	1,18	1,31
<b>Auto-passager</b>	0,26	0,44	0,44
<b>Déplacements non-motorisés</b>	0,39	0,21	0,27

Ces données confirment la relation directe qui existe entre l'utilisation du transport collectif et l'éloignement du centre-ville. La part du transport collectif est en effet très faible pour les résidents du secteur Blainville (à peine 7%) tandis qu'elle est très importante dans le secteur Rosemont (près de 70%). Il est de plus apparent que la mobilité en termes de nombre de déplacements quotidiens est plus élevée dans les secteurs les plus éloignés.

Une telle analyse vient donc confirmer les relations apparentes qui existent entre le lieu de résidence et la consommation de transport. Connaissant ces relations, les planificateurs disposent des informations aptes à dicter le choix des interventions appropriées pour les différents secteurs afin d'orienter la demande de transport.

Une étude basée sur les données de la dernière enquête réalisée en 1993 fournit des indications quant à l'état de l'intermodalité de la grande région de Montréal (Chapleau, Allard, Primeau et Grondines, 1994). En effet, les données de l'enquête permettent de dresser un profil fiable de la clientèle des différents modes de transport et de connaître les individus les plus enclins à utiliser les transports collectifs (déplacements unimodaux ou multimodaux). Il s'avère essentiel pour les planificateurs de connaître les individus qui favorisent un ou plusieurs modes de déplacement afin d'entreprendre

d'entreprendre des actions appropriées pour conserver cette clientèle et attirer de nouveaux usagers. Cette préoccupation actuelle introduit un nouveau champ d'application au sein des entreprises de transport collectif à savoir l'analyse de marché.

L'approche totalement désagrégée, appuyée par la coexistence de systèmes d'information à référence spatiale tant sur l'offre que sur la démographie, est un instrument méthodologique qui permet de caractériser diverses clientèles. À titre d'exemple, Chapleau (1992) a réalisé le profil socio-économico-démographique du Métro de Montréal à partir des données de l'enquête origine-destination de 1987 et des données des recensements de 1981 et 1986. Tel que précisé par Chapleau (1992), le jumelage des informations des enquêtes origine-destination et des recensements permet de « *découpler le pouvoir analytique des instruments actuels de planification du transport urbain* ». Cette étude livre des renseignements privilégiés sur les individus qui habitent dans les zones d'accessibilité par la marche (300, 600 et 1000 mètres) du métro et qui, logiquement, s'avèrent des usagers actuels ou potentiels de ce mode de déplacement. Elle permet de plus de caractériser les zones d'influence des corridors de métro afin de déterminer si certaines stations ou lignes de métro ont un caractère spécifique soit au niveau local, économique ou démographique (Chapleau, 1992).

La délimitation des zones d'influence du métro par les secteurs de dénombrement (entité la plus fine de Statistiques Canada) révèle que près du tiers des 4134 secteurs de dénombrement de la région métropolitaine de recensement de Montréal sont desservis par ce service (centroïde à une distance maximale de marche d'un kilomètre). La simple analyse des données de recensements permet de caractériser la zone d'influence du métro comparativement à d'autres divisions territoriales en termes

de niveau de revenus, scolarité, taux de mobilité, sexe, âge, proportion d'inactifs, densité, types de ménage, ethnies et taux de chômage.

Il apparaît aussi intéressant de caractériser la zone de desserte en fonction de corridors de métro (six dans la présente étude). Cette approche permet d'observer les distinctions sociales, économiques, ethniques et démographique de corridors géographiquement distincts.

Tel que précisé par Chapleau (1992),

*« cette image urbaine, vivante et structurée des populations desservies par ce grand système de transport qu'est le métro de Montréal se veut une démonstration méthodologique des capacités analytiques qui peuvent être déployées dans un environnement micro-informatique. »*

### **Modélisation des déplacements multimodaux**

Le phénomène d'étalement urbain constaté à Montréal favorise l'utilisation combinée des modes individuels et collectifs de transport. Tel que précisé par Chapleau, Allard, Primeau et Grondines (1994),

*« cette dimension des transports fondée sur les capacités de « l'infrastructure intermodale » devient de plus en plus importante dans le contexte de l'utilisation des transports en commun, alors que se perpétue la dédensification du centre. »*

Plutôt que de favoriser une utilisation exclusive des transports collectifs sur des territoires à faible densité, il appert plus à propos de suivre cette tendance et de promouvoir une utilisation combinée de modes, favorisée par des mesures d'incitation tels les stationnements aux gares de train et aux stations de métro.

Le déplacement multimodal correspond en théorie à un déplacement impliquant plus d'un mode entre l'origine et la destination, la marche étant exclue. Celui-ci se distingue par la mise en évidence du point de jonction du déplacement, noeud du réseau où a lieu le transfert modal, ainsi que d'une variable indiquant la séquence des différents modes impliqués. Mais l'intérêt réside plutôt dans l'analyse des déplacements impliquant une combinaison de types de modes soit privé et public. Conformément à cet intérêt actuel, une analyse sommaire des déplacements multimodaux (privé-public) ayant impliqué les gares de train ou les stations de métro, a été réalisée à l'aide des données de l'enquête origine-destination 1993 (Chapleau, Allard, Primeau et Grondines 1994).

*« En outre, la technique désagrégée autorise, par rétroaction, le traitement des déplacements multi-modes (combinaison automobile-transport collectif) »* (Chapleau, 1992). Les informations issues de l'enquête origine-destination, structurées en bases de données relationnelles, facilitent l'analyse des déplacements répondant aux critères de multimodalité. Dans ce cas, les déplacements contenant une jonction privé-public à l'une ou l'autre des stations de métro ou gare de train sont extraits du fichier d'enquête pour fins d'étude. Ce fichier contient la séquence des modes de transport empruntés pour chaque déplacement. Il s'avère donc aisé d'effectuer une requête et d'extraire tous les déplacements impliquant un mode privé et public. L'itinéraire détaillé de chaque déplacement peut ensuite être retracé par le biais du numéro d'enregistrement qui est commun aux fichiers d'enquête et d'itinéraire. Puisque chaque station de métro et gare de train est numérotée, il devient simple de scinder les déplacements multimodaux en fonction du noeud de jonction.

L'analyse multimodal de l'enquête 1993 permet d'observer quelque 21 combinaisons modales impliquant cinq modes de transport dont deux modes privés : automobile-conducteur et automobile-passager ainsi que trois modes publics : métro, autobus et train. Cette analyse permet entre autres de dresser un portrait des caractéristiques principales des déplacements multi-modes (combinaisons modales les plus fréquentes, distribution des heures de déplacement, motif) ainsi que de la clientèle la plus encline à les effectuer (âge, sexe, statut, origine et destination).

La connaissance détaillée des points de jonction pourrait être améliorée par l'ajout de questions spécifiques lors de l'enquête téléphonique à savoir l'identification des gares et stations intermodales. Ceci permettrait entre autres d'apprécier plus précisément la demande actuelle et potentielle d'espaces de stationnement aux divers noeuds de jonction et d'envisager d'autres mesures d'incitations.

La structure des informations issues des enquêtes origine-destination permet d'autant plus d'observer les logiques du covoiturage familial. Une étude réalisée récemment à partir des enquêtes origine-destination 1987 et 1993 de la grande région de Montréal dresse les logiques du covoiturage multimodal familial (Cormier et Chapleau, 1996). La caractérisation du covoiturage multimodal familial implique que deux individus ou plus (un conducteur et un ou plusieurs passagers) provenant d'un même ménage réalisent simultanément (même heure de départ ou de retour) un même déplacement et que l'un et/ou l'autre effectue une correspondance avec un mode de transport public.

Tel que précisé par Cormier et Chapleau (1996),

*« L'intérêt de l'analyse du covoiturage multimodal familial réside non seulement dans son importance (près de 40 000 déplacements-personnes) mais*

*également dans son apport de clientèle aux transports collectifs, dans ses bienfaits multiples et diversifiés (allègement de la congestion intra et interurbaine, optimisation de l'utilisation des réseaux et systèmes de transport existants, réduction de la consommation énergétique) et dans sa complexité de complémentarité de deux systèmes de transport relevant de logiques antagonistes: le transport de masse et le transport individuel. »*

L'identification des déplacements de type covoiturage familial est possible par le traitement des données du fichier d'enquête et du fichier d'itinéraires de déplacement. Initialement, ces déplacements sont extraits du fichier d'enquête : tri des informations par origine et sélection des déplacements répondant aux critères de covoiturage multimodal (même heure de déplacement, combinaison de modes privé-public par au moins un des covoiturants).

Actuellement, il ne s'avère pas possible d'analyser le covoiturage multimodal autre que familial. En effet, les informations issues des enquêtes origine-destination permettent de dériver des habitudes de covoiturage d'individus originant ou se destinant au même domicile mais ne permettent toutefois pas d'établir le lien entre des covoiturants de domiciles différents.

Diverses informations résultent du traitement des données de déplacement impliquant du covoiturage multimodal familial. L'analyse met en relief quatre types de comportements des ménages en termes de pratique de covoiturage familial (enquête 1993): uniquement pour les déplacements domicile-destination (39%), uniquement pour les retours à domicile (36%), pour les aller et retours (15%) et finalement une combinaison du covoiturage unimodal et multimodal (10%) (Cormier et Chapleau, 1996). La désagrégation des résultats permet de plus de caractériser les individus



statut) et les ménages (nombre d'individus, possession automobile, lieu de résidence) les plus favorables à ce type de déplacement. Cette analyse démontre également que le cas le plus fréquent s'avère celui d'un conducteur accompagné d'un seul passager.

**Estimation du changement modal lors d'une amélioration de la desserte de transport collectif**

*« L'amélioration du niveau de service d'un réseau de transport en commun est censée engendrer une demande accrue, voire un achalandage accru. »* (Chapleau, 1990). Selon l'approche totalement désagrégée, l'estimation du changement modal suite à une modification de l'offre de service de transport collectif s'appuie d'abord sur une demande de transport réelle dite déclarée, issue des données d'enquêtes origine-destination.

En posant l'hypothèse de demande totale fixe, la répartition modale résultant d'une modification peut être évaluée par l'utilisation d'une technique provenant du principe micro-économique de surplus du consommateur. En effet, l'utilisation d'une approche incrémentale, basée sur l'analyse des variations du niveau de service du réseau de transport collectif (suite à une modification de la desserte), permet de modifier adéquatement le choix modal réellement observé dans une situation de référence, en se basant sur une étude catégorielle de la demande (Noël et Chapleau, 1987).

Cette approche méthodologique a été utilisée afin d'estimer le report modal résultant d'une modification de la desserte de transport collectif du réseau de Montréal. Dans cette analyse, l'intervention prévue implique la modernisation d'une ligne de train de banlieue (ligne Montréal/Deux-Montagnes) soit l'augmentation de la vitesse commerciale, la diminution des intervalles de service, le repositionnement des stations

ainsi que le rabattement approprié des autobus qui alimentent la ligne de train. La procédure d'analyse provient de la déduction simple suivante:

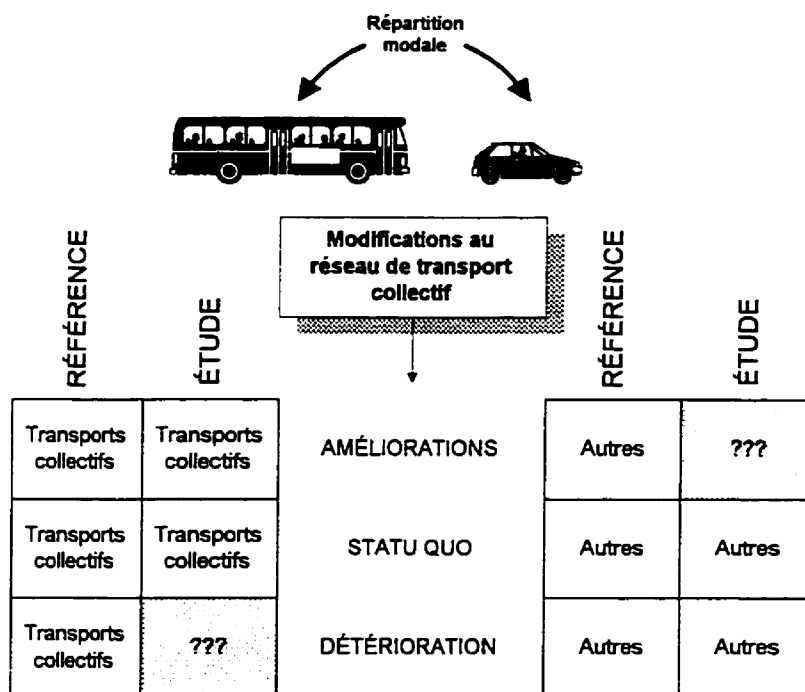


Figure 4.19 Estimation du report modal, adaptée de Noël et Chapleau (1987)

Tel que schématisé sur la figure 4.19, le report modal de la voiture particulière vers le transport collectif risque de se réaliser (hypothèse de demande fixe) s'il y a amélioration de la desserte de transport collectif. Le traitement désagréé des informations évite l'uniformisation fantaisiste des comportements et évalue plutôt le report modal correspondant à un usager ayant des caractéristiques particulières bien précises (Chapleau, 1990). La catégorisation des individus afin d'établir des hypothèses de report modal adaptées à une clientèle type permet donc une estimation plus juste du report modal. La méthodologie d'analyse adoptée dans le cadre de cette étude est illustrée schématiquement sur la figure 4.20.

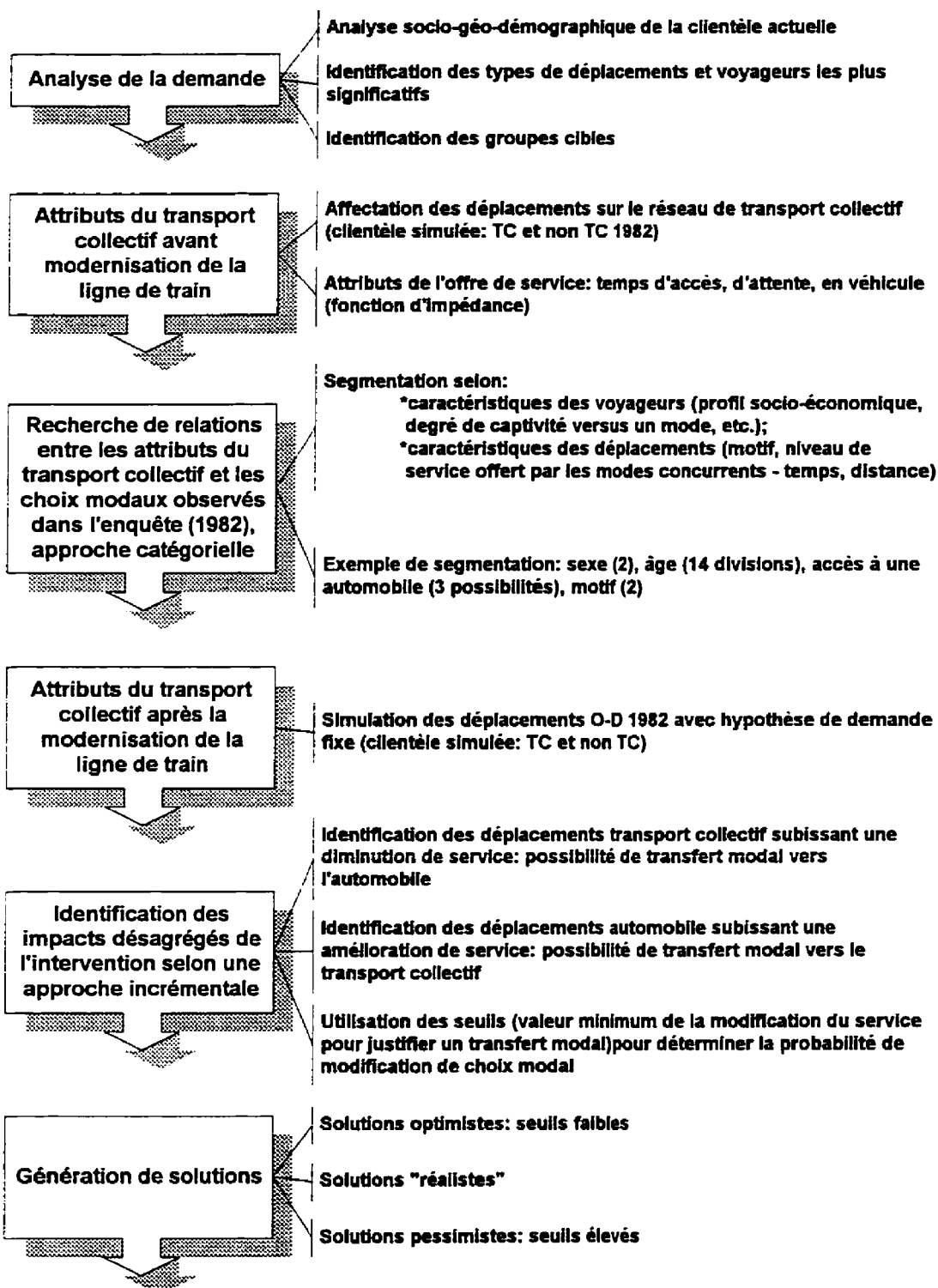


Figure 4.20 Méthodologie d'estimation du changement modal

#### 4.2.4 Examen des effets à caractère géopolitique

« *L'analyse des effets financiers des déplacements interréseaux nécessite le calcul des consommations respectives des modes de transport (train, métro, surface) par les résidents des divers territoires* » (Chapleau, 1990). Plusieurs études ont été réalisées dans les dernières années afin d'apprécier les impacts des divisions géopolitiques du territoire sur les questions d'accessibilité, d'équité, de consommation et de financement des services de transport. De telles questions s'avèrent très intéressantes autant pour les bénéficiaires que pour les gestionnaires des services, chacun y voyant un certain avantage ou désagrément économique.

Le réseau de transport collectif de la grande région de Montréal a été la source de plusieurs analyses reliées aux effets redistributifs des réseaux de transport collectif offerts par les diverses entreprises couvrant l'ensemble du territoire. Ces études permettent entre autres d'établir, pour chaque entreprise de transport collectif, la consommation des individus résidant et non-résidant du territoire couvert par leurs réseaux respectifs. Cette question est devenue cruciale suite aux divers remaniements de la tarification et de l'attribution de subventions.

Les analyses traitant cette question dégagent les informations nécessaires pour fixer les coûts rattachés à l'utilisation des services. Tel que souligné par Chapleau (1993), le lieu de résidence des citoyens s'avère « *la référence fiscale devant refléter le fardeau financier du citoyen quant à sa responsabilité eu égard aux nombreuses infrastructures d'usage collectif.* » Plusieurs individus utilisent quotidiennement des services sans toutefois y contribuer financièrement vu leur lieu de résidence. Il en est ainsi pour les individus qui, résidant en périphérie de l'île de Montréal, font usage des

services de la STCUM sans pour autant verser une contribution supplémentaire équivalente aux taxes municipales versées à cet organisme par les résidents de la CUM.

#### APPLICATIONS

##### Évolution quotidienne temporelle des individus

Afin d'apprécier et de documenter l'utilisation réelle de services, Chapleau (1993) a réalisé une analyse présentant la dynamique des mouvements de la population dans son évolution temporelle quotidienne. Tel que présenté au tableau 4.5, la population des neuf grands secteurs de la région de Montréal fluctue en fonction de la période de la journée. Ces mouvements quotidiens démontrent que plusieurs individus profitent de services d'autres municipalités sans pour autant contribuer à leur financement via les taxes municipales.

Tableau 4.5 Évolution dynamique des travailleurs dans les régions

Évolution dynamique des travailleurs dans les régions					
	Nuit	9:00	15:00	18:00	0:00
Centre-ville	28516	206399	227509	7406	33923
		798%			
CUM-centre	370150	361773	352794	379129	368524
		95%			
CUM-est	114281	93320	81365	116236	113326
		80%			
CUM-ouest	114309	145682	148501	111490	115432
		130%			
CUM-sud	59496	39737	37925	61308	59030
		64%			
Rive-sud proche	130636	89004	85539	134101	129561
		65%			
Laval	115509	76536	73645	118400	114640
		64%			
Rive-nord	115433	68051	65517	119967	114907
		57%			
Rive-sud	88051	55879%	53588	90344	87038
		61%			

Il est remarquable de constater une augmentation maximale de 798% de la population de travailleurs dans la région du centre-ville. Ces données démontrent que plusieurs individus résident dans les régions périphériques et empruntent quotidiennement les infrastructures de transport afin d'accéder à leur lieu de travail situé principalement dans la région du centre-ville.

### **Effets financiers des déplacements**

Est-ce qu'il y a inadéquation entre le mode de financement des réseaux de transport et l'utilisation de ceux-ci par les individus d'une région ? Le phénomène d'étalement urbain constaté dans plusieurs grandes villes dont Montréal a un impact mesurable sur le financement des réseaux de transport. Comme c'est le cas à Montréal, *« les déficits des réseaux de transport sont assumés par des taxes basées sur la valeur foncière de la résidence ou du commerce »* (Chapleau, 1995). Or, la diminution continue de la population du centre urbain au profit des banlieues augmente la marge entre les utilisateurs et les payeurs des services. Il est donc fréquent que des individus utilisent des réseaux de transport sans toutefois être résidents des territoires couverts par ceux-ci. Tel que décrit par Chapleau (1995), *« il convient d'interpréter cette situation comme une sorte « d'évasion socio-fiscale » face au fardeau des systèmes de transport »*. La connaissance détaillée de la consommation de service par les différentes municipalités semble favoriser le rétablissement de l'équilibre entre l'utilisation réelle des services et le fardeau financier supporté par celles-ci.

Dans une perspective méthodologique, la clarification de ce type de question implique la disponibilité de *« procédures informationnelles permettant la rétroaction »* impliquant

le développement d'un système d'information (Chapleau, 1995), tel que présenté sur la figure 4.21.

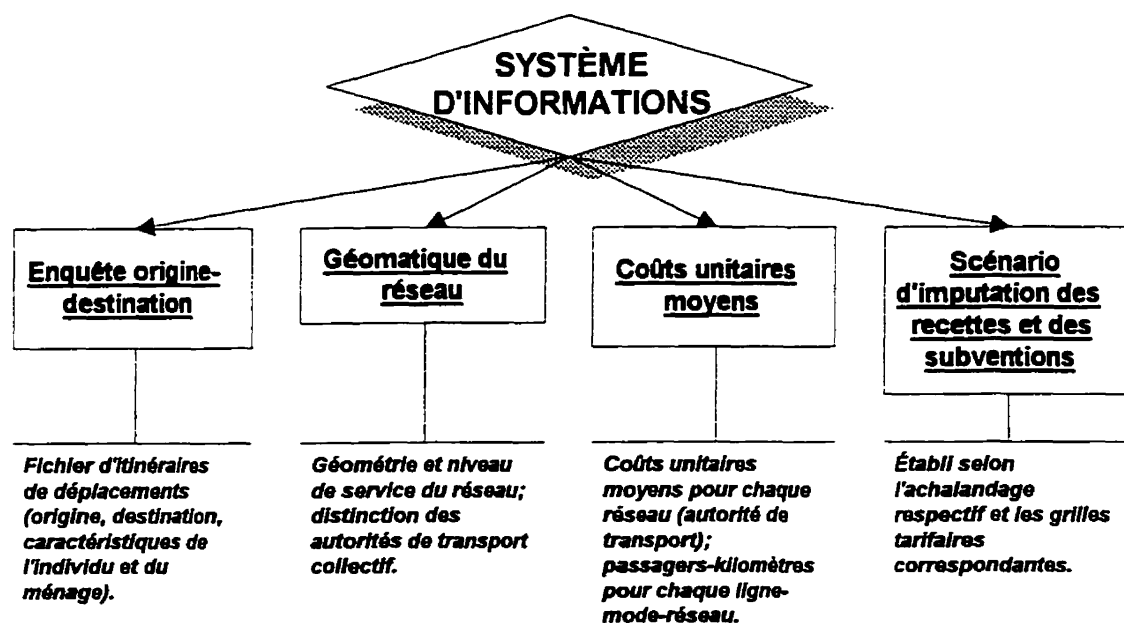


Figure 4.21 Système d'information pour la clarification des questions de financement

Le territoire de la grande région de Montréal est desservi par diverses entreprises de transport collectif : STCUM, STL, STRSM et une vingtaine de CIT. L'objectif est donc d'établir l'utilisation agrégée par secteur géopolitique des services de transport collectif offerts par chacune de ces entreprises.

L'évaluation des coûts reliés à l'utilisation des services de transport implique l'application d'un modèle de coût. « De nombreux efforts américains ont été déployés afin de développer des modèles synthétiques de coûts de revient, dans l'espoir de faciliter la planification des réseaux. » (Chapleau, 1989). Le coût total d'exploitation d'un réseau de transport collectif dépend en effet de plusieurs facteurs qui induisent des coûts fixes, des coûts directs et des coûts par quantum. L'attribution des coûts aux

diverses municipalités en fonction de leur consommation respective de transport oblige ainsi l'utilisation d'un modèle de coût calibré qui tient compte de tous ces facteurs.

En 1989, Chapleau esquisse une méthodologie d'imputation des coûts et des bénéfices relatifs à l'offre de service et à son utilisation. D'une part, l'analyse des dépenses d'exploitation est effectuée selon une décomposition des coûts pour chaque mode (et chaque entreprise) afin d'obtenir les coûts unitaires moyens relatifs aux véhicules-kilomètres, aux véhicules-heures, aux véhicules et aux passagers. D'autre part, l'analyse des bénéfices implique le traitement désagrégé des déplacements avec considération des attributs de l'itinéraire de déplacement et de l'individu réalisant le déplacement.

Dans le contexte montréalais, l'estimation des bénéfices et des coûts reliés à l'utilisation des services de la STCUM et des autres entreprises de transport collectif pourrait s'avérer très intéressante afin d'établir l'équilibre entre le fardeau collectif des services de transport et le financement de ceux-ci par la collectivité. L'évolution du principe d'utilisateur-payeur vers le principe de bénéficiaire-payeur laisse de plus en plus percevoir la faisabilité d'imputer une partie des coûts de desserte du service aux bénéficiaires directs et indirects des réseaux.



La figure suivante (4.22) schématise la méthodologie d'évaluation de la consommation de services (Chapleau, 1989):

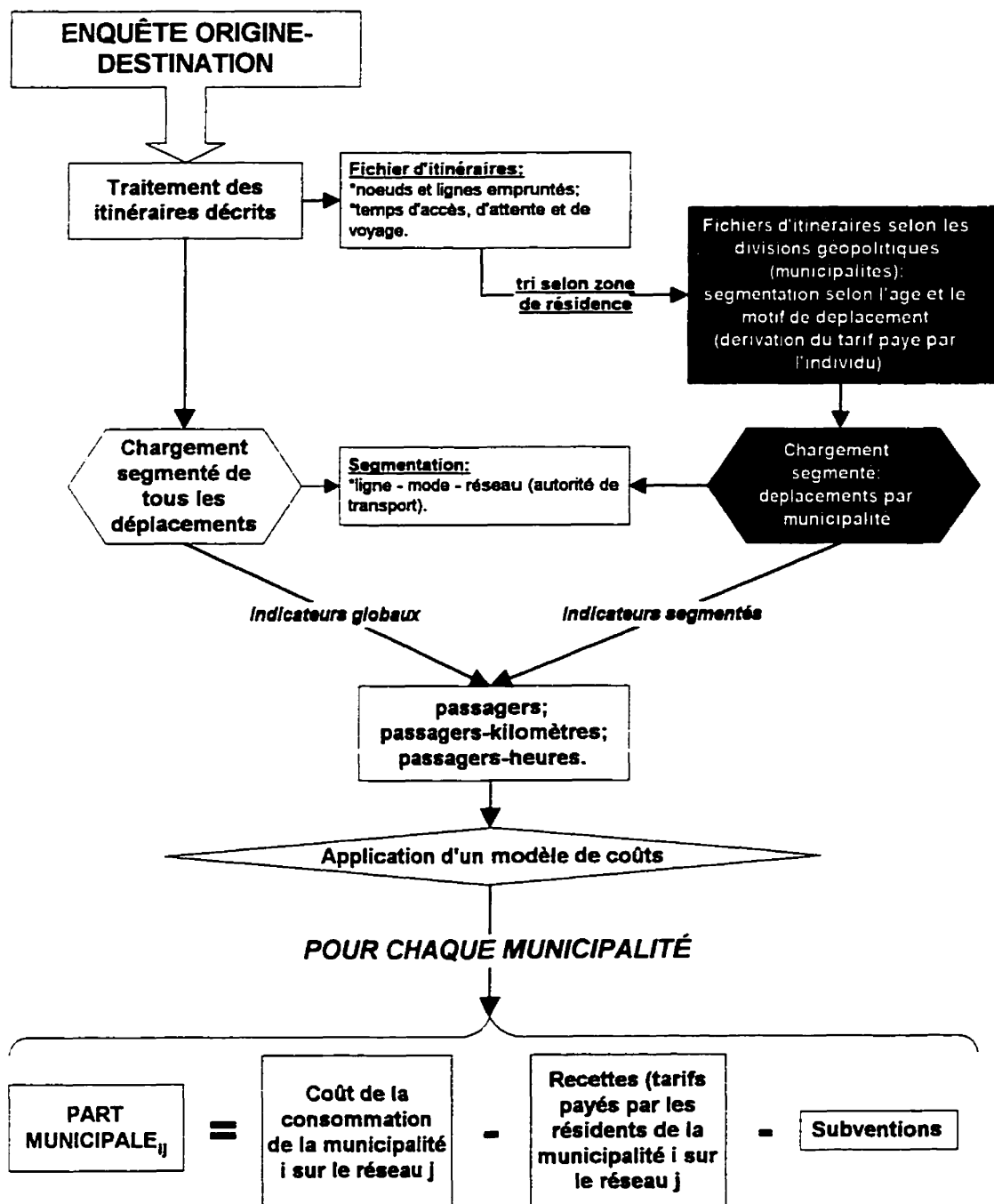


Figure 4.22 Méthodologie d'évaluation de la consommation de services

D'ailleurs, dès 1989, Chapleau distingue quatre volets du côté de la mesure des bénéfices tirés d'un réseau de transport, relatifs au « *rationalisme que l'on veut inscrire dans la planification des réseaux de transport collectif* » :

1. la tarification à l'usager selon le bénéfice reçu qui provient de la consommation des modes de transport, tel que présenté ;
2. le bénéfice direct obtenu par le destinataire pour des fonctions d'emploi, de commerce ou d'éducation provenant de la consommation de services par des utilisateurs-clients ;
3. le bénéfice indirect tiré par le non-usager (usager d'un autre réseau) qui profite de la baisse de congestion engendrée par l'utilisation des réseaux de transport collectif par d'autres individus (accessibilité automobile, circulation en transit, disponibilité de stationnement) et qui réfère à la complémentarité des modes de transport ;
4. le bénéfice indirect (positif ou négatif) par les non-usagers des divers réseaux de transport qui subissent les impacts de la consommation ou non-consommation des services de transport par les autres individus : sécurité des secteurs résidentiels, disparition des espaces verts, évasion socio-fiscale, stationnements, pollution en milieu urbain, etc.

Dans le contexte actuel, il appert que le développement d'approches méthodologiques basées sur l'information permet d'envisager l'établissement de « *bilans économiques permettant une meilleure compréhension des enjeux financiers associés à l'organisation et la planification des réseaux de transport collectif urbain* » (Chapleau, 1989).

#### **4.2.5 Applications impliquant géomatique et chronomatique, moyens techniques d'information et de communication**

Les développements récents en analyse des transports découlent de l'insertion d'applications impliquant géomatique et chronomatique (approche spatiale et temporelle) et de la valorisation incontournable des systèmes d'information. Tel qu'exprimé par Chapleau (1995), ces développements apparaissent *« afin d'intégrer, de manière cohérente, toutes les données nécessaires à l'édification d'un système de renseignements utiles à l'usager de transport »*.

Il appert donc que la nouvelle dimension de la planification des transports relève de l'information : traitement des informations par des techniques informatiques, dissémination des informations par l'utilisation des nouvelles technologies, pédagogie des intervenants et usagers à l'aide du multimédia et marketing des réseaux.

#### **APPLICATIONS**

##### **Dérivation de cartes d'utilisation du sol**

L'approche intelligente de la validation et de l'analyse des déplacements *« autorise l'examen des chaînes de déplacements d'une personne, les combinaisons de déplacements à l'intérieur d'un ménage ainsi que l'établissement du statut des diverses personnes »* (étudiant, travailleur, autre, non-mobile) (Chapleau, 1993).

La figure 4.23 présente le concept de traitement des données selon l'approche totalement désagrégée ainsi que les objets dérivés d'une telle approche.

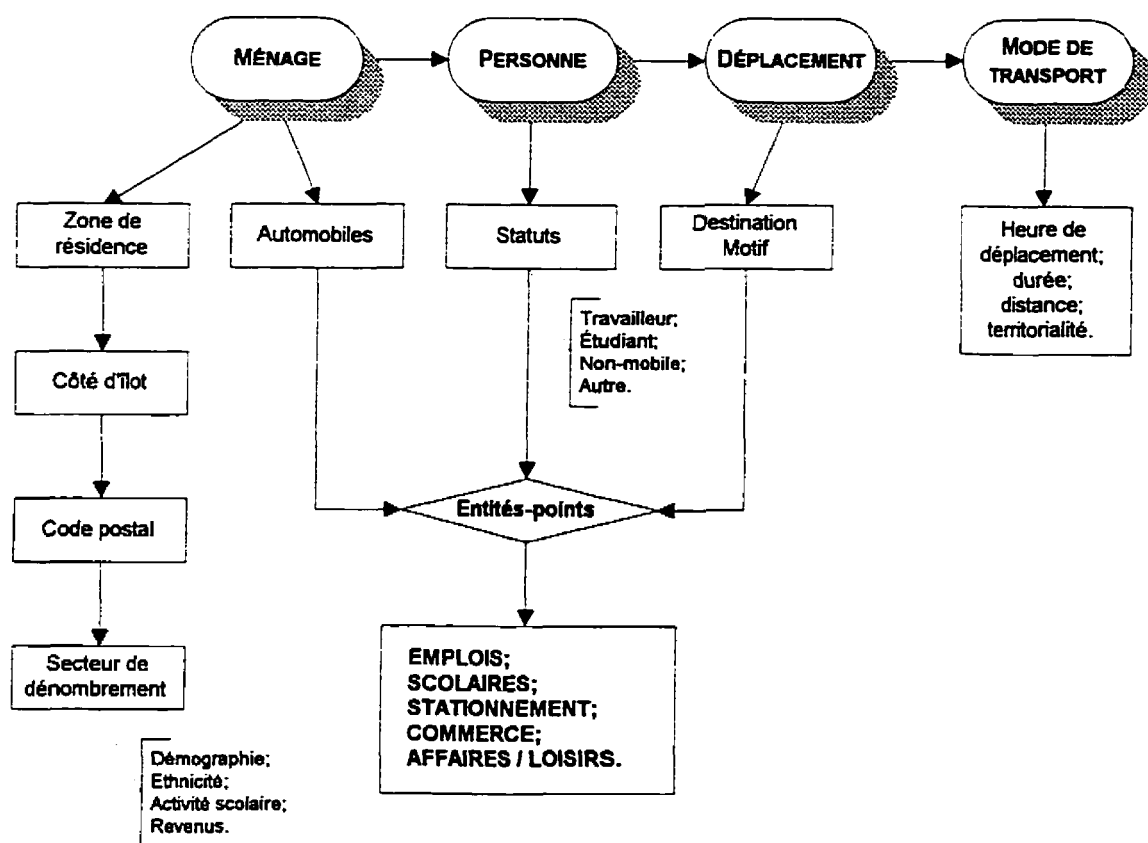


Figure 4.23 Traitement des données d'enquêtes origine-destination selon l'approche totalement désagrégée

La liaison des informations issues des enquêtes origine-destination avec des sources d'informations externes à savoir les recensements permet d'accéder à une nouvelle gamme de variables (quelque 200 variables supplémentaires : démographie, langue, ethnie, type de logement, forme de ménage, scolarité, revenus, etc. (Chapleau, 1993)). Tel qu'illustré sur la figure 4.23, l'entité ménage est associée, par référence spatiale (code postal), aux informations contenues dans les recensements par le biais d'une agrégation spatiale au niveau du secteur de dénombrement.

Il s'avère intéressant, pour fins d'analyse de marché et de modélisation des comportements, de définir des catégories basées sur le statut des individus. Bien que

cette information ne soit pas disponible dans le fichier d'enquête, il est possible de dériver le statut d'un individu par l'analyse conjointe des déplacements quotidiens de celui-ci et des informations relatives à son âge, à la destination, au temps passé à la destination et au motif du déplacement. Par exemple, un individu de 25 ans effectuant un déplacement motif travail vers le centre-ville où il demeure pendant une période de sept heures sera qualifié de travailleur (statut dérivé).

La juxtaposition de la destination et du motif permet d'une part de dériver des entités-points tels que des places de travail, des places d'études, des places de loisirs et des places de magasinage (spécifiées au niveau du code postal) (Chapleau, 1993). D'autre part, le téléportage des caractéristiques des individus réalisant les déplacements au point de destination autorise l'affectation des déplacements à ces entités-points. En effet, le traitement des données de déplacements selon le concept d'itinéraire permet de projeter les caractéristiques des individus à leur point de destination et de constituer de nouveaux objets qualifiés de générateurs de déplacements. Cette procédure conduit à la définition de nouvelles entités tels les emplois et les inscriptions scolaires dont les conséquences en termes de mobilité sont définies (génération de déplacements, répartition modale, espaces de stationnement, etc.) (Chapleau, 1993).

Cette approche analytique permet de dériver des cartes d'activités (d'utilisation du sol) appréciées en termes de mobilité observée (Chapleau, 1995).

### **Analyse multimodale des générateurs de déplacements**

*« À l'aide de la procédure esquissée plus haut, les grands générateurs de déplacements font l'objet d'un nouvel examen selon une perspective de modélisation »*

(Chapleau, 1993). La caractérisation des entité-points qualifiés de générateurs implique toutefois que l'information relative à la destination s'effectue par le libellé exact de l'entreprise ou de l'institution (hôpital Notre-Dame, École Polytechnique, etc.) plutôt que par pure référence spatiale (adresse, code postal, intersection de rues). Actuellement, la déclaration de la destination ne permet pas d'associer chaque déplacement à un générateur précis. À cet effet, il apparaît clairement que l'amélioration de la précision des informations relatives à la destination, par l'ajout d'une question incitant la déclaration de la destination par le libellé exact, favorisera l'analyse d'une plus grande gamme de générateurs et induira une meilleure représentativité de cette analyse. À partir des informations actuelles, il apparaît cependant possible de représenter graphiquement la génération de déplacements induits par des noeuds qui correspondent à un regroupement de générateurs principaux (accès à ces générateurs).

L'intérêt d'une telle question en planification des transports réside dans la connaissance spatiale des pôles d'attraction, dans l'identification des mouvements de population (origine-destination), dans la caractérisation modale et temporelle des déplacements et dans la perspective du développement d'outils de prévision de la génération de déplacements pour divers types d'établissement.

Afin de présenter les potentialités de l'analyse des générateurs, la méthodologie d'une étude menée en 1994 à partir des données de l'enquête origine-destination de Montréal de 1987 est exposée (Chapleau et Trépanier, 1994). Le cas particulier des ensembles hospitaliers de la grande région de Montréal est au centre de l'analyse. Cette étude « vise à renouveler complètement l'approche de la modélisation de l'étape

*de génération des déplacements sise à l'intérieur de la procédure séquentielle classique en transports urbains »* (Chapleau et Trépanier, 1994).

La figure suivante (4.24) illustre la méthodologie d'analyse spatio-temporelle de mobilité de la clientèle-déplacements des hôpitaux de la grande région montréalaise. Cette approche méthodologique convient à l'analyse de toute autre classe de générateurs présentant un intérêt.

L'analyse détaillée de la génération de déplacements des divers attracteurs à partir des données d'enquêtes origine-destination (échantillon de déplacements observés) laisse envisager la déduction de modèles simples de génération. Dans la présente analyse, divers modèles linéaires de génération de déplacements sont présentés. Pour le cas des hôpitaux, les modèles de génération sont fonction du nombre total d'employés (permanents et temporaires), du nombre d'employés dans un jour normal de semaine (statut dérivé des déplacements) et s'avèrent distincts pour les divers types d'établissements hospitaliers. À cette étape, il semble intéressant d'opposer les modèles américains (Trip Generation de l'ITE) couramment en usage ici qui, d'une part n'apportent aucune distinction quant au type d'établissement et d'autre part se basent sur des échantillons ne dépassant pas 800 observations contre 5000 dans la présente analyse (Chapleau et Trépanier, 1994). Tel que précisé dans l'étude, « *une différence notable* » est constatée entre les modèles de l'ITE et les modèles dérivés du traitement des données d'enquêtes origine-destination (Chapleau et Trépanier, 1994).

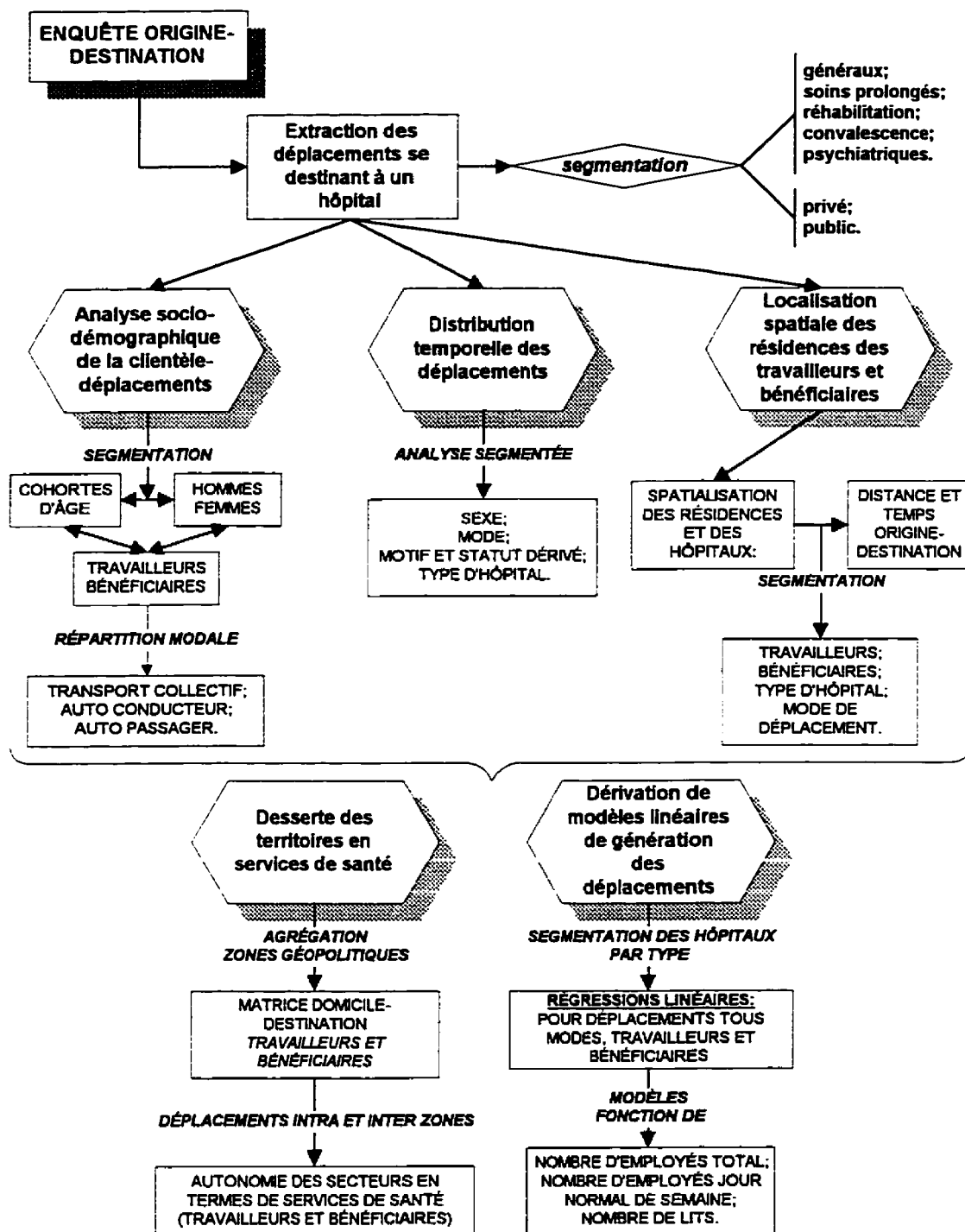


Figure 4.24 Méthodologie d'analyse spatio-temporelle de mobilité de la clientèle-déplacements des hôpitaux



Cette nouvelle perspective d'analyse des déplacements-clients permet donc d'envisager le développement d'outils d'estimation de la génération de déplacements et laisse percevoir une meilleure compréhension spatiale et temporelle des pôles de déplacements.

**Instruments de pédagogie et de dissémination d'information**

*« En outre, les moyens récents de communication (réseaux, locaux, internet) ont multiplié les besoins d'informations cohérentes (« vivantes », donc « centralisées ») à tous les niveaux tant de l'entreprise que des diverses clientèles du transport urbain. Les synthèses de données d'enquêtes telles que celles effectuées avec les outils MADEOD et MADGEN se doivent d'être disséminées de manière interactive. » (Chapleau, 1995)*

MADEOD (Modèle d'analyse désagrégée des enquêtes origine-destination) et MADGEN (Modèle d'analyse désagrégée des générateurs de déplacements) s'avèrent des exemples d'instruments interactifs de dissémination d'information relative aux déplacements dans la grande région de Montréal.

D'une part, MADEOD présente des informations sur la mobilité des Montréalais issues des enquêtes origine-destination, selon une agrégation en 66 secteurs (secteurs municipaux). Cette application fournit des renseignements relativement aux déplacements, aux individus et aux ménages selon une approche interactive-graphique.

D'autre part, « MADGEN contient une multitude d'informations sur les caractéristiques de mobilité des personnes qui se rendent quotidiennement aux nombreux sites importants de la région montréalaise » ([www.transport.polymtl.ca](http://www.transport.polymtl.ca), 1997). Cette

application présente diverses statistiques quant aux individus, modes, motifs, statuts et ménages, pour les déplacements engendrés par un générateur particulier.

Pour un professionnel en transports, la dissémination d'information de transport peut sembler éloignée de la planification d'un système de transport. Il semble toutefois que l'information dans sa totalité soit maintenant à la source de tous les champs d'application renouvelés des entreprises de transport collectif. De toute évidence, la planification d'un réseau de transport collectif implique le développement et l'utilisation de moyens techniques d'information et de communication par les professionnels et les usagers du système.

En outre, le besoin croissant d'informations par les usagers ainsi que le marketing du réseau de transport impose l'éducation des divers intervenants impliqués dans la dissémination et la perception des informations (préposés à la clientèle, exploitants, chauffeurs, usagers). Cette forme de pédagogie du service de transport doit maintenant être supportée par l'utilisation des nouveaux moyens informatiques et interactifs de communication tel le multimédia. Cette technologie permet le côtoiement de sons, vidéos, images, textes et animations et initie une nouvelle vague d'outils de pédagogie interactifs.

### **Système d'informations à l'usager**

L'analyse d'un système de transport collectif implique d'abord la connaissance détaillée des caractéristiques spatio-temporelles du réseau: géographie, horaire et capacité des lignes. Ces informations sont ensuite transmises aux usagers afin que ceux-ci planifient leurs déplacements conformément à l'offre de service établie et contribuent à l'amélioration de la desserte du service par un usage approprié du réseau. Ainsi,

planificateurs et usagers requièrent la disponibilité d'informations actualisées et représentatives du fonctionnement réel du service. L'intégration cohérente des bases de données de planification et de dissémination d'information à l'utilisateur introduit la notion de coproduction de l'information. *« D'où la possibilité que des instruments d'analyse et de modélisation arrivent à un niveau de réalisme tel qu'ils deviennent des outils contribuant à l'information réelle des usagers du transport »* (Chapleau, 1995).

Depuis quelque temps, la STCUM dispose d'un centre de renseignement téléphonique informatisé connu sous le vocable d'AUT-OBUS. Ce centre a comme objectif le marketing des itinéraires optimaux de déplacements sur le réseau. L'informatisation de ce centre favorise l'uniformité et la validité des itinéraires fournis aux usagers qui étaient auparavant établis manuellement. Ainsi, pour toute origine et destination située sur le territoire de la STCUM, les usagers ont la possibilité d'obtenir les meilleurs itinéraires de déplacement en transport collectif quant à toute heure (pointe, hors pointe, soir, nuit) et tout jour de la semaine (semaine, samedi, dimanche, férié).

L'informatisation de ce centre a nécessité le raffinement des outils jusqu'alors utilisés pour la géocodification des points d'origine et de destination des déplacements ainsi que l'élaboration d'un système d'information comportant les éléments suivants (Chapleau, 1995):

- une géomatique complète en ce qui concerne les appellations faisant référence à toute localisation spatiale couramment utilisée (adresses, rues, intersection, monuments, places et établissements, employeurs, codes postaux, points de vente des titres de transport, stations de métro et gares de train);

- une définition détaillée du réseau de transport à géométrie variable (selon l'heure et la journée), spécifiée au niveau de l'arrêt d'autobus;
- une définition du réseau d'accès (trottoirs et passages piétonniers) permettant un calcul précis de la marche (temps d'accès);
- un algorithme de calcul du plus court chemin autorisant une spécification des impédances compatibles avec les souhaits de certaines catégories d'usagers (limiter la marche, éviter le métro) ;
- une appréciation des résultats en fonction des horaires planifiés des véhicules en chaque point du réseau, ce qui exige la connaissance d'une « chronomatique » complète des mouvements de véhicules;
- une enveloppe à caractère pédagogique facilitant le transfert technologique (relation préposé - usager) tout en réalisant de nouveaux liens avec d'autres sources traditionnelles de données (cartes de quartier, horaires de train, etc.)

L'insertion technologique d'un tel outil de dissémination d'informations aux usagers requiert le développement d'instruments pédagogiques appropriés afin de limiter les inquiétudes des préposés face au matériel informatique et de former adéquatement personnel responsable des relations avec les usagers.

Ainsi, un usager qui téléphone au centre de renseignement obtient, en moins de 5 secondes, les meilleurs itinéraires pour effectuer un quelconque déplacement sur le réseau de transport collectif de la STCUM. L'accès à cet outil d'information est maintenant possible via l'internet. En effet, tel qu'il sera traité au point suivant, ce

mode de communication virtuel semble illimité et présente plusieurs potentialités en termes de dissémination d'information à un niveau local et international.

### **Internet et le multimédia**

Actuellement, le contexte technologique de l'information et des communications contraint les entreprises à utiliser de nouvelles approches afin de fournir des informations justes, vivantes et cohérentes aux usagers du système. Les communications via le réseau internet sont illimitées, tout autant que les moyens développés quotidiennement afin de rendre son accès, son utilisation et son exploitation aisés et novateurs. Le développement inévitable d'internet oblige les entreprises de transport collectif à s'implanter dans le monde de l'internet et à y offrir des informations justes et vivantes, par une contribution interactive des diverses facettes du multimédia.

Internet s'inscrit comme un outil de dissémination et de cueillette d'information. L'accessibilité des informations disponibles favorise une expansion rapide et inéluctable de son importance dans le milieu des communications (marketing du service). Cet outil permet d'autant plus d'aborder des questions plus complexes grâce à l'interface interactive, animée et captivante de son support. Diverses approches peuvent ainsi être adoptées : questionnaire, visite guidée, recherche par sujet, jeu, son et image, requête interactive, animation, etc.

La STCUM dispose maintenant d'un site internet qui offre la possibilité à tous les individus faisant usage ou non du service (niveau local et international) de s'informer sur diverses facettes d'une telle entreprise de transport collectif. Cette manifestation virtuelle de marketing d'un service public démontre l'importance accrue des moyens de

communication modernes pour fins de dissémination d'informations. La structure du site de la STCUM ainsi que les multiples informations qui y sont actuellement disponibles sont schématisés sur la figure suivante (4.25).

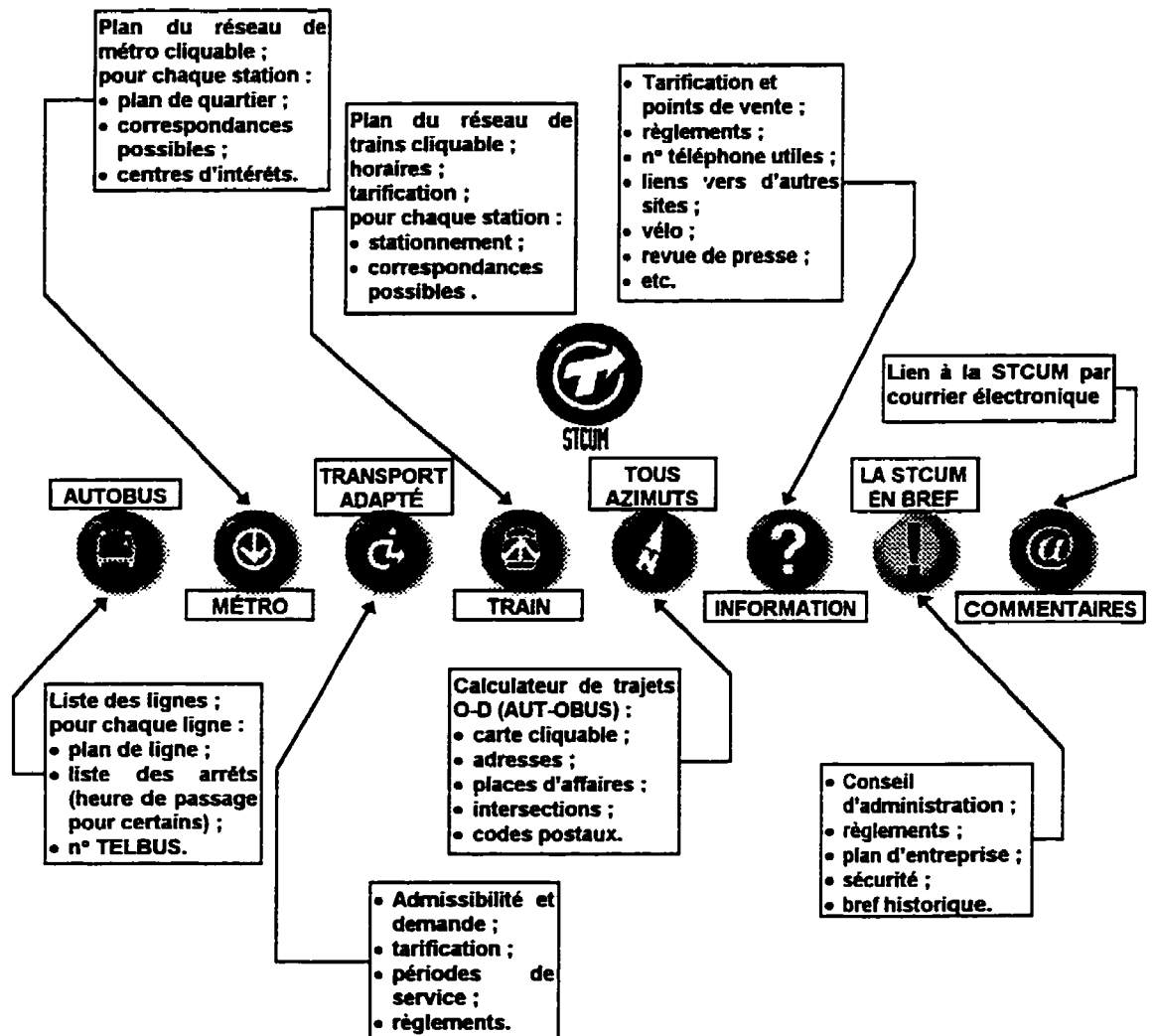


Figure 4.25 Structure du site internet de la STCUM (www.stcum.qc.ca, 1997)

Actuellement, l'importance de l'information et de la dissémination de cette information par un média accessible, varié et évolutif ne peut plus être négligée par des institutions et des professionnels dont les fondements relèvent d'un caractère collectif. L'évolution

perpétuelle des capacités de représentation (graphisme, animation, etc.) et d'interaction relatives au réseau internet permet de plus le développement d'outils de coproduction de l'information par une contribution réciproque des utilisateurs des services, des exploitants et de tous les bénéficiaires directs et indirects du système de transport.

## **5. ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION ET CONCLUSION**

### **5.1 Éléments de réflexion**

L'examen des préoccupations des entreprises de transport collectif conjugué à l'étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée démontre clairement que les perspectives d'avenir en planification des transports reposent sur la recherche, le développement et l'exploitation d'instruments de monitoring de l'information. L'environnement de la planification des transports se trouve complexifié par l'évolution du contexte social, économique, urbain, décisionnel et technologique qui oblige l'éducation permanente des divers intervenants ainsi que l'adaptation des approches méthodologiques. L'évolution du contexte conduit à une redéfinition de l'expertise souhaitable des entreprises de transport collectif. Tel que défini par Chapleau (1997) et illustré sur la figure 5.1, les préoccupations des entreprises de transport collectif progressent et leur définition relève maintenant de six champs d'application :

- la planification des réseaux de transport basée sur le développement de systèmes d'information ;
- l'analyse de marché, essentielle afin de développer une connaissance détaillée de la clientèle des réseaux ;
- la nécessité de disposer d'information claire et précise quant à la géométrie du réseau ;
- la dissémination d'informations précises sur l'offre et la géométrie du service, le rôle du client et la vision de l'entreprise ;



- la préoccupation de l'accessibilité au réseau pour les diverses catégories d'utilisateurs (mobilité réduite) et de la planification des services spéciaux (adaptés) ;
- la gestion des opérations impliquant la disponibilité d'informations renouvelées et intégrées au fonctionnement réel du réseau.

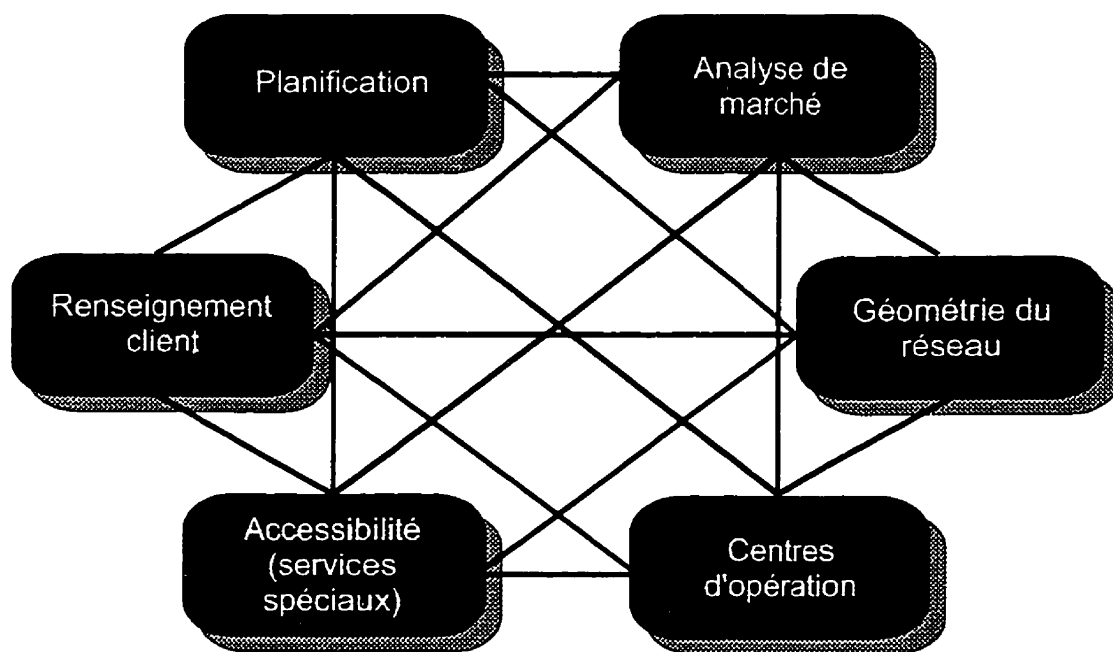


Figure 5.1 Les champs d'application des entreprises de transport collectif (Chapleau, 1997)

Selon cette perspective, les entreprises sont appelées à assimiler les moyens techniques de communication et d'information récents et à les exploiter en vue de développer une culture de planification des transports adaptée à la complexité ambiante de la collectivité. Bien que la conjoncture technologique ait déjà été traitée, il importe de définir davantage les moyens techniques d'information et de communication avec lesquels les entreprises doivent oeuvrer afin de répondre adéquatement aux

exigences actuelles. Tel que définit par Chapleau (1997) et illustré sur la figure 5.2, la gestion de l'information en transport fait appel à divers secteurs d'intérêts :

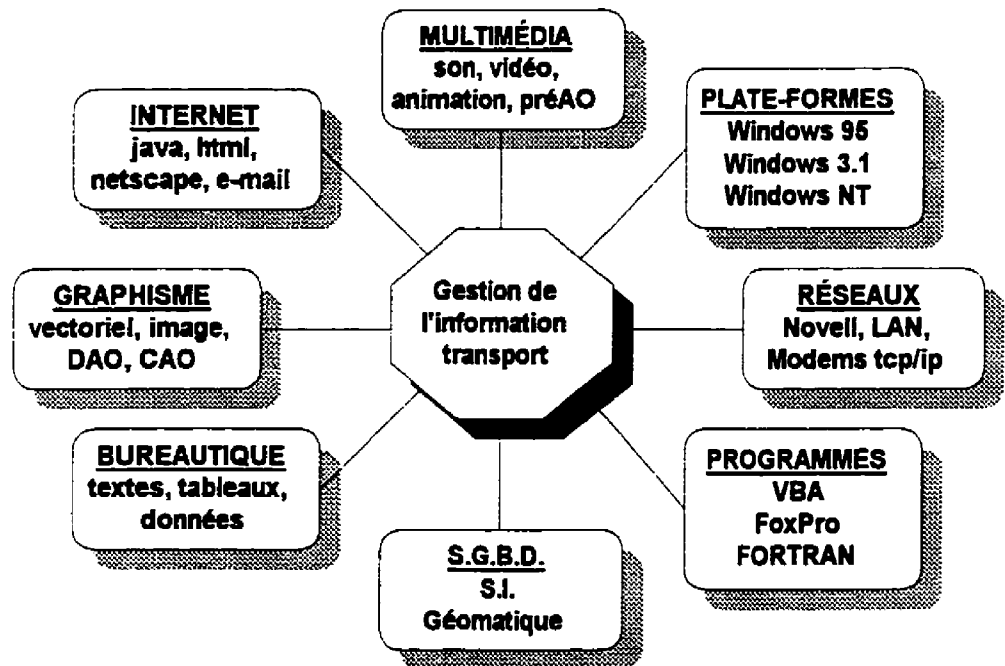


Figure 5.2 Moyens techniques d'information et de communication (Chapleau, 1997)

Quoique les moyens techniques d'information et de communication puissent paraître transitoires, il demeure inévitable que les entreprises disposent de ceux-ci et fassent valoir leurs potentialités dans la poursuite de leur mandat collectif.

## 5.2 Conclusion

Les lectures, observations et réflexions à la source de ce document ont permis le regroupement et la schématisation des diverses fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée appliquée à la planification d'un système de transport collectif. Il appert toutefois que les fruits de ce travail soient aussi d'un autre ordre. Outre la clarification de l'approche méthodologique apte à éclaircir les multiples facettes de

l'analyse et la compréhension d'un système de transport collectif sur une base totalement désagrégée, ce document examine des problématiques contextuelles relatives à la complexité ambiante de la collectivité ; problématiques qui doivent être intégrées dans le processus de planification et d'analyse. Cet aspect illustre une perspective autre par laquelle peut être envisagé le mandat collectif d'une entreprise publique.

Cette démarche de recherche et de réflexion identifie de plus certains éléments d'importance. D'abord, il ne semble plus possible de passer outre l'importance majeure de l'information (structurée, intégrée, cohérente) dans le processus de planification, gestion et marketing des réseaux de transports. La préoccupation de la pédagogie et de la formation des intervenants par une exploitation des moyens techniques d'information et de communication devient aussi de premier plan. Le développement d'une approche de modulation des coûts (tarifs) pour fins de compréhension fiscale des impacts des réseaux sur la trame urbaine et sur les comportements de déplacement apparaît essentiel.

Finalement, dans le contexte actuel, la planification ne peut se faire sans la participation intelligente des bénéficiaires des services de transport à la production de l'information, sans une organisation-intégration des bases de données de planification, de gestion des opérations et de dissémination d'informations, sans une adéquation des informations au comportement réel et sans la disponibilité d'instruments techniques de collecte, de traitement et d'exploitation des informations sur une base permanente.

## BIBLIOGRAPHIE

- ACTU (décembre 1993), Étude sur le changement modal en faveur du transport en commun, Rapport sommaire, Association Canadienne des Transports Urbains.
- ADAMS, J. G. U. (mars 1990), Car ownership forecasting : pull the ladder up, or climb back down ?, Traffic Engineering and Control.
- ALLARD, B., CHAPLEAU, R. (1987), Infographie interactive pour l'analyse de la mobilité sur micro-ordinateur, présenté au 22e congrès annuel de l'AQTR, Hull, Exposé des communications, 237-256.
- ALLARD, B., CHAPLEAU, R. (1988), Méthodes interactives sur micro-ordinateur de codification et de validation d'une enquête Origine-Destination, présenté au 23e congrès annuel de l'AQTR, Montréal, Exposé des communications, 25-49.
- ALLARD, B., CHAPLEAU, B. (1991), MADIGAS : système d'analyse interactif graphique de MADITUC, présenté au 26e congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications.
- ALLARD, B., CHAPLEAU, R. (1993), Mobilité comparée des ménages urbains, périurbains et suburbains, présenté au 28<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Ste-Adèle.
- ALLARD, B., DESCHAINTE, J.-P., CHAPLEAU, R., LAVIGUEUR, P., BLANC, P. (1989), Application de l'analyse désagrégée spatialisée à l'étude de la demande de transport collectif des Pointeliens, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 177-191.

- ALTSHULER, A. (1979), The urban transportation system, Politics and policy innovation, MIT Press, Cambridge.
- ASSOCIATION DES ROUTES ET TRANSPORTS DU CANADA (1977), Urban transportation planning guide, University of Toronto Press.
- ASSOCIATION DES ROUTES ET TRANSPORTS DU CANADA, ASSOCIATION DES TRANSPORTS DU CANADA (1985), Canadian Transit Handbook (second edition).
- ATKINS, S. T. (septembre 1986), Transportation planning models - what the papers say, Traffic Engineering and Control, 460-467.
- ATKINS, S. T. (Février 1977), Transportation planning : is there a road ahead ?, Traffic Engineering and Control, 68-62.
- ATTOE, W. (1988), Transit land use and urban form, Attoe Editor, New-York.
- BEN-AKIVA, M. (1981), Issues in transferring and updating travel behavior models, New horizons in travel-behavior research, Stopher, Meyburg, Brog, Lexington Books, 665-686.
- BERGERON, C., CHAPLEAU, R. (1996), Modélisation de l'accessibilité à l'île de Montréal depuis l'enquête Origine-Destination STCUM-MTQ de 1993, présenté au 31e congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications (tome 2) 523-540.

- BERRADA, J. (juillet - août 1982), Le système d'aide à l'exploitation du réseau d'autobus de Valenciennes, Revue Transport-Environnement-Circulation, n°113, 9-13.
- BESSAY, G. (novembre-décembre 1988), Le service public menacé ?, Revue Transports, n°332, 444-449.
- BESSAY, G. (octobre-novembre 1991), Transports : comment éviter l'asphyxie des villes, Revue Transports, n° 349, 307-313.
- BLACK, A. (1995), Urban mass transportation planning, McGraw-Hill series in transportation.
- BLANC, P. (1987), Méthode interactive de données spatialisées de transport urbain, Mémoire de Maîtrise es Sciences Appliquées, Département de génie civil, École Polytechnique de Montréal.
- BLANC, P., CHAPLEAU, R. (mars 1988), Expansion et agrégation des données d'enquête Origine-Destination, présenté au 23e congrès annuel de l'AQTR, Montréal, Exposé des communications, 3-24.
- BLESSINGTON, H. K. (février 1994), Approaches to changing modal split : a strategy and policy context, Traffic Engineering and Control, 63-67.
- BLONK, W.A.G. (1979), Transport and regional development, an international handbook, Saxon House.
- BONAMI, DE HENNIN, BOQUÉ, LEGRAND (1993), Management des systèmes complexes, De Boeck Université.

- BONNEL, P., LE NIR, M., NICOLAS, J. P. (mai 1994), Les enquêtes déplacements urbains : réflexions méthodologiques sur les enquêtes ménages et les enquêtes régionales origine destination canadiennes, Laboratoire d'économie des transports.
- BRAMAN, M. J. D. (novembre 1967), Rapid transit and urban survival, Conference on new approaches to urban transportation, 11-14.
- BUSSIÈRE, J., EL HARRIF, F., BLANC, P., CHAPLEAU, R., LAVIGUEUR, P., ALLARD, B. (1989), Analyse des bassins d'attraction des CÉGEPs et des institutions universitaires montréalaises, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 192-207.
- CANADIAN URBAN TRANSIT ASSOCIATION (1991), The implications of demographic and socioeconomic trends for urban transit in Canada, Strategic transit research program, CUTA.
- CANCALON, F., GARGAILLO, L. (juillet-août-septembre 1991), Choix stratégiques en transports collectifs urbains, de l'importance des méthodes, Revue Transports, n° 348, 242-246.
- CATANESE, A. J. (1972), New perspectives in urban transportation research.
- CHAPLEAU, R. (1986), Transit network analysis and evaluation with a totally disaggregate approach, présenté au congrès mondial sur la recherche en transport (WCTR), Vancouver.
- CHAPLEAU, R. (1986), Quelques usages types des micro-ordinateurs personnels dans la planification du transport en commun, Revue Routes et Transports, n°4, volume 15.

- CHAPLEAU, R. (mars 1987), L'insertion technologique dans la planification des transports urbains: le syndrome impérial, présenté au 22e congrès annuel de l'AQTR, Hull, Exposé des communications, 321-331.
- CHAPLEAU, R. (juin 1987), An integrated disaggregate approach for the modelling of public transport system, présenté au 3e séminaire canadien sur la théorie des systèmes pour l'ingénieur civil, Montréal.
- CHAPLEAU, R. (mars 1988), Mesure de la redistribution des bénéfices et des coûts associés à un réseau de transport en commun, présenté au 23e congrès annuel de l'AQTR, Montréal, Exposé des communications, 53-70.
- CHAPLEAU, R. (septembre 1989), A planning tool to study public transport financing issues, présenté à la conférence annuel de l'Association Canadienne des Routes et Transports, Calgary.
- CHAPLEAU, R. (1991), La planification et l'analyse des systèmes de transport urbain : un bilan des méthodes disponibles avec l'approche totalement désagrégée, Les cahiers scientifiques du transport, no 24.
- CHAPLEAU, R. (1992), Profil socio-économico-démographique du métro de Montréal : Anatomie de la ville dans le voisinage du métro, présenté au 27<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Sherbrooke, Exposé des communications, 304-325.
- CHAPLEAU, R. (1992), Constitution d'un système informationnel de référence pour fins d'analyse et de planification des transports urbains : cas de Marrakech, présenté au 27<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Sherbrooke, Exposé des communications, 349-365.



- CHAPLEAU, R. (1992), La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée, Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports (WCTR), Lyon, Compte-Rendu.
- CHAPLEAU, R. (1993), Une carte d'utilisation du sol dérivée d'une enquête origine-destination, présenté au 28<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Ste-Adèle, Exposé des communications, 53-73.
- CHAPLEAU, R. (1993), Le jour et la nuit des transports dans la grande région de Montréal, présenté au 28<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Ste-Adèle, Exposé des communications, 98-111.
- CHAPLEAU, R. (1994), MAD(strat)<sup>2</sup> : L'approche totalement désagrégée appliquée au transport urbain des marchandises, Groupe MADITUC, École Polytechnique de Montréal.
- CHAPLEAU, R. (1995), Symphonie d'usages des grandes enquêtes Origine-Destination, en totalement désagrégé majeur, Opus Montréal 87 et 93, présenté aux Entretiens Jacques-Cartier sur les déplacements urbains.
- CHAPLEAU, R. (printemps 1996), La planification des transports : faire moins avec mieux !, Revue Routes et transports, Volume 26, numéro 1.
- CHAPLEAU, R. (1996), Transport et emploi dans la grande région de Montréal selon la méthode orientée-objet de MADITUC, présenté au Colloque "Transport métropolitain et immobilier: les nouveaux comportements de la clientèle", Agence Métropolitaine de Transport - Chaire UQAM-SITQ Immobilier.

- CHAPLEAU, R., ALLARD, B. (1992), L'ère des systèmes d'information fondés sur une analyse désagrégée pour la prise de décision en transport urbain, Congrès annuel de l'Association des Transports du Canada, Québec, Exposé des communications.
- CHAPLEAU, R., ALLARD, B., CANOVA, M. (juillet 1982), MADITUC, un modèle de planification opérationnelle adapté aux entreprises de transport en commun de taille moyenne, publication no 265, Centre de recherches sur les transports.
- CHAPLEAU, R., ALLARD, B., LE BEAU, L. (mars 1986), Embryon d'un «système expert» pour le transport collectif urbain, présenté au 21e congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications 171-197.
- CHAPLEAU, R., ALLARD, B., FAUVEL, C., LAVIGUEUR, P. (1990), L'analyse de l'accessibilité d'une entreprise par le traitement de données à référence spatiale, présenté au 25e congrès annuel de l'AQTR, Montréal, Exposé des communications 182-199.
- CHAPLEAU, R., ALLARD, B., PRIMEAU, J.-P., GRONDINES, J. (1994), L'état de l'intermodalité dans le transport des personnes de la grande région de Montréal d'après la dernière enquête origine-destination, présenté au 29<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Valleyfield, Exposé des communications (Tome 2), 322-338.
- CHAPLEAU, R., ALLARD, B., TRÉPANIÉ, M., ROUSSE, L., NADEAU, J., DESJARDINS, R., TESSIER, G. (1995), Système d'information à l'usager : SINCRAUTOBUS à la STCUM, présenté au 30<sup>e</sup> congrès de l'OAQTR, Hull, [WWW.TRANSPORT.POLYMTL.CA](http://WWW.TRANSPORT.POLYMTL.CA).

- CHAPLEAU, R., BERGERON, D. (1991), Modèles simples de planification opérationnelle en transport collectif : allocation des garages et traitement des comptes, Revue Routes et Transports, n°3, volume 21, 12-19.
- CHAPLEAU, R., BERGERON, D. (1993), Modélisation simplifiée en développement : comparaison des cas de Montréal et d'Alger, présenté au 28<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Ste-Adèle, Exposé des communications, 12-31.
- CHAPLEAU, R., DE CEA, J. (décembre 1982), La perception de l'offre par les usagers du transport en commun, sous la perspective des modèles d'affectation, publication no 293, Centre de recherches sur les transports.
- CHAPLEAU, R., GIRARD, D. (1986), Effects of population aging and urban dispersion on the use of urban transport in the future, présenté à la Conférence Mondiale sur la Recherche en Transport (WCTR), Vancouver.
- CHAPLEAU, R., LAVIGUEUR, P. (1991), Transport en commun et tendances socio-démographiques : situation québécoise, Routes et Transports, n°3, volume 21, Montréal, 6-11.
- CHAPLEAU, R., LAVIGUEUR, P., BAASS, K. (janvier 1987), A posteriori impact analysis of a subway extension in Montreal, présenté au Congrès annuel du Transportation Research Board, Washington.
- CHAPLEAU, R., LAVIGUEUR, P., LEMAY, C. (1994), Projection de la demande de transport des personnes à un horizon de 20 ans, présenté au 29<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Valleyfield, Exposé des communications (Tome 2), 363-384.

- CHAPLEAU, R., MASH, K.S., PRIMEAU, J.-P., TURCOTTE, A., ALLARD, B. (1994), La modélisation stratégique du transport urbain des marchandises dans la grande région de Montréal, présenté au 29<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Valleyfield, Exposé des communications (Tome 2), 522-540.
- CHAPLEAU, R., TRÉPANIÉ, M. (1994), Méthodologie d'analyse multimodale des grands générateurs de déplacements : cas des hôpitaux de Montréal, présenté au 29<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Valleyfield, Exposé des communications (Tome 1), 368-386.
- CHAPLEAU, R., TRÉPANIÉ, M. (hiver 1996), Cas de hôpitaux de la grande région de Montréal : mobilité révélée par les enquêtes O-D, façon désagrégée, Revue Routes et Transports, WWW.TRANSPORT.POLYMTL.CA.
- CHAPLEAU, R., TRÉPANIÉ, M., ALLARD, B. (1996), INTERNET et le multimédia : deux puissants outils de dissémination d'information en transport, présenté au 31<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications (tome 1), 61-77.
- CHAPLEAU, R., TRÉPANIÉ, M., LAVIGUEUR, P., ALLARD, B. (1996), Origin-destination survey data dissemination in a metropolitan context : a multimedia experience, présenté au 75<sup>e</sup> congrès annuel du Transportation Research Board, Washington, WWW.TRANSPORT.POLYMTL.CA.
- CHAPLEAU, R., TROTTIER, P. (1979), L'utilisation du modèle d'affectation TRANSCOM dans la planification opérationnelle d'un réseau de transport en commun, revue Routes et Transports, n° 23.

- CHEN-TIN, G. (novembre 1994), A GIS-aided procedure for converting census data for transportation planning, Institute of Transportation Engineers Journal, 34-40.
- CORMIER, J., CHAPLEAU, R. (1996), Les logiques du covoiturage familial, présenté au 31e congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications (tome 1), 250-271..
- CÔTÉ, J., CHAPLEAU, R. (1989), Évolution de la mobilité des personnes de l'agglomération urbaine de Québec, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 108-133.
- DARBÉRA, R. (novembre-décembre 1994), Le versement transport est-il la meilleure façon de financer la subvention aux transports collectifs urbains ?, Revue Transports, n° 368, 374-384.
- DAWSON, W.R., CHAPLEAU, R. (septembre 1989), Use of the MADITUC model for service planning at the TTC, présenté à la Conférence Annuel de l'Association Canadienne des Routes et Transports, Calgary.
- DEHGHANI, Y., HARVEY, R. (1994), Fully incremental model for transit ridership forecasting : Seattle experience, Transportation Research Record 1452, Washington, 52-61.
- DESCHAINTE, J.-P. (janvier 1983), Mémoire de l'AQTR sur le transport en commun dans la région de Montréal, Revue Routes et Transports, 4-6.
- DIAL, R. B. (1976), Urban transportation planning system : philosophy and function, Transportation Research Record 599, Washington.

- DIAL, R. B. (1971), A probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration, Transportation Research Volume 5, 83-111
- DICKY, J. W.(1983), Metropolitan transportation planning (second edition), McGraw-Hill series in transportation.
- DITTMAR, H., BENDER, C. (novembre-décembre 1994), Reinventing planning under ISTE, Transportation partnerships, Transportation Research News 175.
- DOMPIERRE, F., SAUVÉ, S. (1996), L'Agence métropolitaine de transport : une condition nécessaire à l'atteinte des objectifs du plan, présenté au 31e congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications (tome2), 477-502.
- DURAND, D. (1979), La systémique, Presses Universitaires de France, Que sais-je 1795.
- FRANK, L. D., PIVO, G. (1994), Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel : single-occupant vehicle, transit, and walking, Transportation Research Record 1466.
- FRYBOURG, M. (1974), Les systèmes de transport : planification et décentralisation, éditions Eyrolles.
- GAKENHEIMER, R. (1978), The automobile and the environment : an international perspective, MIT Press.
- GAUDRY, M. (mai 1985), Modèles de demandes agrégés et désagrégés à forme variable : résultats sur Montréal et Paris, Revue Transports, n°304, 288-293.

- GÉRONDEAU, C. (1969), Les transport urbains, Que sais-je ?, Presses universitaires de France, Paris.
- GIRARD, D. (1985), Évolution de la mobilité des montréalais de 1970 à 1982, Mémoire de Maîtrise es Sciences Appliquées, Département de génie civil, École Polytechnique de Montréal.
- GIRARD, D., BROUSSEAU, D., PIMPARÉ, M., BLANC, P., ALLARD, B., TRÉPANIÉ, M., CHAPLEAU, R. (1994), L'enquête origine-destination de Montréal de 1993 : une réalisation technico-collective, présenté au 29<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Valleyfield, Exposé des communications (Tome 2), 385-401.
- GIRARD, D., CHAPLEAU, R. (1985), Tendances sommaires de l'évolution de la mobilité des personnes de la région de Montréal, présenté au 20<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Trois-Rivières, Exposé des communications, 25-31.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (1996), Les transports : améliorer le présent, préparer le futur, Rapport de la table de consultation du débat public sur l'énergie au Québec, 89-101
- GRAY, G. E., HOEL, L. A.(1979), Public transportation : planning, operations and management, Prentice-Hall.
- G.R.E.T.U. (1980), « Une étude économique a montréal... » Mythes et réalités des études de transport, Éditions Cujas.
- GROUPE DE RECHERCHE MADITUC, CHAPLEAU, Robert (automne 1994), Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires en transport urbain collectif, École Polytechnique de Montréal.

- GROUPE DE RECHERCHE MADITUC (printemps 1991), MADCADD codification de réseaux de transport collectif: documentation technique de l'utilisateur, École Polytechnique de Montréal.
- GROUPE DE RECHERCHE MADITUC (1990), Documentation technique et d'utilisation, Système MADIGAS, École Polytechnique de Montréal.
- HAMMEL, V.L. (juillet 1992), 1990 census and transportation planning, Institute of Transportation Engineers Journal, 27-29.
- HANDY, S. (1992), Three perspectives on the function of transportation models : rational, political or interactive ?, présenté au 71<sup>e</sup> Congrès Annuel du Transportation Research Board, Washington, paper 920730.
- HATHAWAY, J., WORMSER, L. (1993), Working with new partners : Transportation decisions with the public, Transportation Research Record 1400, Washington.
- HENSHER, D. A. (1977), Urban transport economics, Cambridge University Press.
- HOROWITZ, A.J. (1994), Assessing user benefits of transit system improvements with spatially varying demands, Transportation Research Record 1452, Washington.
- HULBERT, F. (1994), Essai de géopolitique urbaine et régionale, La comédie urbaine de Québec, Édition Méridien.
- HUTCHINSON, B.G. (1994), Principles of urban transport systems planning, McGraw-Hill.
- ILLICH, Y. (1975), Énergie et équité, Édition Seuil.



- JANSEN, G.R.M., BOVY, P.H.L., VAN EST, J.P.J.M., LE CLERCQ, F.(1979), New developments in modelling travel demand and urban systems, Transportation Planning Research Colloquium 1979.
- KANAFANI, A. (1983), Transportation demand analysis, McGraw-Hill.
- KANAFANI, A., MANHEIM, M., KHATTAK, G. (1994), The role of teamwork in a planning methodology for intelligent transportation system, présenté au 73<sup>e</sup> Congrès Annuel du Transportation Research Board, Washington.
- KAUFMANN, V. (mars 1995), Le report modal de l'automobile vers les transports publics, Institut de Recherche sur l'Environnement Construit (IREC), Département d'Architecture (DA), École Polytechnique de Lausanne (EPFL), Rapport de recherche n°126.
- KLING, C. G. (1976), Urban transportation, problems and prospects, Vantage Press.
- KRAFT, W. H. (octobre 1992), Trends and issues facing the transportation profession, Institute of Transportation Engineers Journal.
- LAMURE, C.A. (mars-avril 1994), Transport et environnement dans les grandes villes du monde, Revue Transport-Environnement-Circulation, n°123, 2-14.
- LARSON, R.C., ODONI, A.R. (1981), Urban operations research, Prentice-Hall.
- LASSAVE, P., OFFNER, J. M. (1986), Transformations du milieu professionnel et des doctrines de planification des transports urbains en France au cours des décennies soixante-dix et quatre-vingt, présenté à la Conférence Mondiale sur la Recherche en Transport (WCTR), Vancouver.

- LATOUCHE, D. (1980), À la remorque des transports, Québec science.
- LAVIGUEUR, P., CHAPLEAU, R. (1987), Utilisation de MADITUC pour l'appréciation des impacts d'un prolongement de métro, présenté au 22<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Hull, Exposé des communications, 297-320.
- LAVIGUEUR, P., CHAPLEAU, R. (1989), Instruments de publication et d'analyse de données d'enquêtes origine-destination, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 134-158.
- LEFÈVRE, C., OFFNER, J.-M. (1990), Les transports urbains en question. Usages - Décisions - Territoires, Paris, Éditions Celse.
- MANHEIM, M. L. (1976), Transportation systems analysis: a personal view, Transportation Research vol. 10, 371-375.
- MANHEIM, M.L. (1979), Fundamentals of transportation systems analysis, Volume 1 : Basic Concepts, MIT Press, Cambridge.
- MANHEIM, M.L., BENNETT, E.D., SUHRBIER, J.H. (1975), Transportation decision making, A guide to social and environmental considerations, NCHRP report 156, 9-15.
- MC DOWELL, B.D. (novembre-décembre 1994), Reinventing planning under ISTEA, MPOs and state DOTs, Transportation Research News 175.
- MC SHANE, W.R. (1990), Traffic engineering, Prentice-Hall.
- MERLIN, P. (1984), La planification des transports urbains, enjeux et méthodes, Paris.

- MERLIN, P. (1991), Géographie, économie et planification des transports, Presses Universitaires de France.
- MEYER, J. R. (1971), Techniques of transport planning, Volume one : Pricing and project evaluation ; Volume two : Systems analysis and simulation models, The Brookings institution, Washington.
- MEYER, M. D., MILLER, E. J. (1984), Urban transportation planning : a decision-oriented approach, McGraw-Hill series in transportation.
- MICROSOFT (1997), Encyclopédie Microsoft ENCARTA 97, Microsoft ®, CD-ROM.
- MIERZEJEWSKI, E. A., BALL, W. L. (février 1990), New findings on factors related to transit use, Institute of Transportation Engineers Journal, 34-39.
- MINSKY, M. (1985), The society of mind, Intereditions.
- MORLOK, E.K. (1978), Introduction to transportation engineering and planning, McGraw-Hill.
- MURIN, W. J. (1971), Mass transit policy planning, Heath Lexington Books.
- NADEAU, N., HIROU, C., CHAPLEAU, R., ALLARD, B., LAVIGUEUR, P., BLANC, P. (1989), Caractérisation des usagers de l'automobile à destination du centre-ville de Montréal, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 159-174.
- NCTRP TECHNICAL STEERING GROUP (octobre 1985), Passenger information systems for transit transfer facilities, NCTRP synthesis 7, Transportation Research Board.

- NOËL, M. (1986), Modèle incrémental à seuils de répartition modale, Mémoire de Maîtrise es Sciences Appliquées, Département de génie civil, École Polytechnique de Montréal.
- NOËL, M., CHAPLEAU, R. (1987), Modification d'un réseau de transport collectif et répartition modale, présenté au 22<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Hull, Exposé des communications 213-235.
- ORFEUIL, J.-P. (mai - juin 1991), La dynamique de la mobilité quotidienne et l'évolution des réponses techniques et institutionnelles, Revue Transports, n° 347.
- OCDE (1971), La planification des transports urbains, Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris.
- OCDE (1980), Choix entre modes de transport de personnes en zone urbaine : mesures et modèles, Groupe de recherche routière de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Paris.
- OCDE-CEMT (1979), Les transports urbains et l'environnement, Rapport de base, Études de cas, Rapport de synthèse et Conclusions, Séminaire 1979.
- O'SULLIVAN, P. (1980), Transport policy : Geographic, economic and planning aspects, Barnes and Nobles Books.
- PAPACOSTAS, C.S. (1987), Fundamentals of transportation engineering, Prentice Hall.

- PARODY, T.E., LEVINSON, H.S., BRAND, D. (1987), Characteristics of urban transportation demand : an updated and revised handbook, Transportation Research Record 1139, Washington, 39-47.
- PECKARSKY, David J.R. (juin 1977), Urban transport innovation in canadian and european cities.
- PEDERSON, E.O. (1980), Transportation in cities, Pergamon Press.
- PERKINSON, D.G. (septembre 1992), Infrastructure versus service : a transit strategy for the 90s, Institute of Transportation Engineers Journal 19-21.
- PIETRZYK, M. C. (décembre 1994), An informational report : selected travel behavior characteristics of the elderly, Institute of Transportation Engineers, technical council committee 6F-50, Institute of Transportation Engineers Journal, 18.
- POMMELET, P. (mars - avril 1996), Pourquoi les personnes habitent dans les villes ?, Revue Transports, n°376, 131-135.
- RAABE, A. G. (novembre 1967), Technological contributions to operation, Conference on new approaches to urban transportation, 65-74.
- RALLIS, T. (1988), City transport in developed and developing countries, St-Martin's Press.
- RAPP, M., H., MATTENBERGER, P. (avril 1977), Planification opérationnelle des transports urbains en commun, approches et applications, présenté à la

Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports (WCTR), Rotterdam, Pays-Bas.

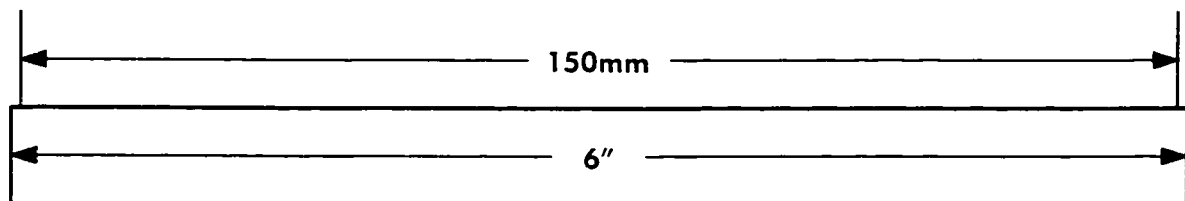
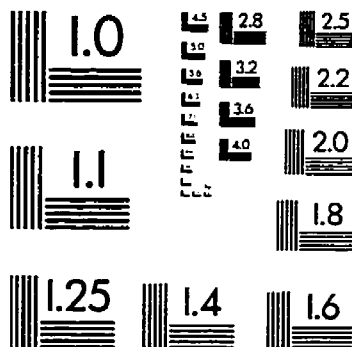
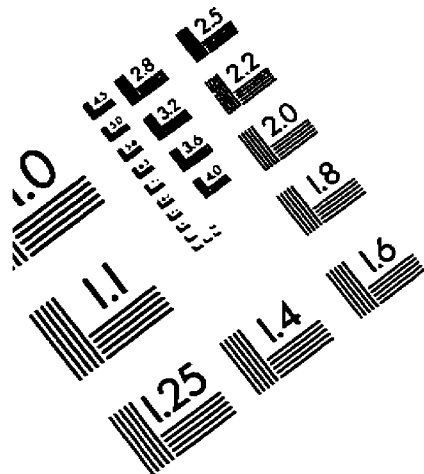
- ROLLAND, C., FOUCAULT, PO., BENCI, G. (1988), Conception des systèmes d'information, Eyrolles, Paris.
- SAIDI, S., TROTTIER, I., AOR, S., CHAPLEAU, R., ALLARD, B., LAVIGUEUR, P., BLANC, P. (1989), Mobilité des DINK's, des ménages monoparentaux et des ménages à faible revenu dans la grande région de Montréal, présenté au 24<sup>e</sup> congrès de l'AQTR, Jonquière, Exposé des communications, 208-220.
- SHAEFFER, K.H., SCLAR, E. (1980), Access fo all, Transportation and urban growth, Columbia University Press.
- SPILLAR, R.J., SCOTT R.G. (1990), The effects of population density and income on per capita transit ridership in western american cities, Institute of Transportation Engineers, compendium of technical papers, 327-331.
- STARKIE, D.N.M. (1973), Transportation planning and public policy, Volume 1 part 4, Progress in planning.
- STEENBRINK, P.A. (1976), Optimization of transportation networks, J. Wiley.
- STEINER, H. M. (1978), Conflict in urban transportation, Lexington books.
- STOPHER, P.R., BRANDUP, L., LEE, B., PARRY, S.T. (1987), Development of a bus operating cost allocation model compatible with UMTA urban transportation planning system models, Transportation Research Record 1108, 31-41.

- STOPHER, P., MEYBURG, A. (1975), Urban transportation modeling and planning, Lexington Books.
- TALVITIE, A. (1994), Management system for transport infrastructure, Transportation Research Record 1499, Washington, 37-48.
- TATIENI, M. R., LUPA, M. R., ENGLUND, D. B., BOYCE, D. E. (1994), Transportation policy analysis using a combined model of travel choice, Transportation Research Record 1452, Washington, 10-17.
- THOMAS, C., BEAUDOIN, M., THÉRIAULT, M. (avril 1996), Méthodologies de localisation et de classification socioprofessionnelle : le cas de l'enquête O-D (1991) de la STCUQ, Cahiers de Géographie du Québec, Volume 40, n°109, 69-88.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (février 1995), Transit ridership initiative, Research results digest n°4, Transit Cooperative Research Program.
- TRANSPORT ET SOCIÉTÉ (octobre 1986), La remise en cause du service public, Revue Transports, n°318, 503-505.
- TRANSPORT ET SOCIÉTÉ (mars-avril 1991), Recréer une dynamique d'arbitrage et de décision, Revue Transports, n° 346, 141-149.
- TRÉPANIÉ, M., CHAPLEAU, R. (1996), Un modèle d'analyse désagrégée des générateurs de déplacements : vers une connaissance détaillée de l'utilisation des lieux urbains, présenté au 31<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQTR, Québec, Exposé des communications (tome 1), 41-60.

- TZIEROPOULOS, P. (1983), Transfert spatial et temporel de modèles désagrégés de choix modal, présenté à la Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports (WCTR), Exposé des communications volume 1, 345-364.
- VAN VUREN, T., GUNN, H., DALY, A. (juin 1995), Disaggregate travel demand models : their applicability for British transport planning practice, Traffic Engineering and Control, 336-344.
- VÉZINA, R., OLIVIER, R., CHAPLEAU, R., ROY, L. (décembre 1981), L'expérience française du transport collectif urbain, Revue Routes et transports, 22-40.
- WEAVER, R. C. (novembre 1967), Transit shapes the city, Conference on new approaches to urban transportation, 95-101.
- WEBSTER, F.V., BLY, P.H. (1987), Changing pattern of urban travel and implications for land use and transport strategy, Transportation Research Record 1125, Washington, 21-28.
- WWW.TRANSPORT.POLYMTL.CA (1997), site internet de la section transport du département de génie civil de l'École Polytechnique de Montréal et du Groupe MADITUC, École Polytechnique de Montréal.
- YAGO, G. (1984), The decline of transit, Cambridge University Press.
- YU, J. C. (1982), Transportation engineering, Introduction to planning, design and operations, Elsevier.



# TEST TARGET (QA-3)



APPLIED IMAGE, Inc  
1653 East Main Street  
Rochester, NY 14609 USA  
Phone: 716/482-0300  
Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc., All Rights Reserved

